

12. 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.
13. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the “young” Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, May 26-27, 2016, Kyiv, Ukraine, p. 16-17.
14. 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, May 26-27, 2016. Kyiv, Ukraine, p. 14-16.
15. Vidmachenko A.P. (2016) Where is Necessary to Search Traces of Life on Mars? Biosignature Preservation and Detection in Mars Analog Environments conference. - May 16–18 2016. Hyatt Regency Lake Tahoe. Abstract #2002.
16. Vidmachenko A.P. (2017) What forms of life could have arisen in the ancient conditions of Mars? 19 ISCo AS YS. May 24-25, 2017. Bila Tserkva, Ukraine, p. 16-17.
17. 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.
18. Vidmachenko A.P. (2018) Modern volcanic activity on the Moon. 20 ISCo AS YS, May 23-24, 2018. Uman, Ukraine, p. 5-7. 17
19. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 ISCo AS YS. May 23-24, 2018. Uman, Ukraine. P. 91-93.
20. 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.
21. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014) The study Earth-like planets using spacecraft. Astronomical School’s Report. 10(1), p. 6-19.

ABOUT VOLCANOES ON MARS.

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

Observations of Mars from space vehicles have revealed traces of volcanism. Half of the surface is covered with old craters, the rest – young and flat sediments. Impact and volcanic craters have different shapes. Percussive - are almost round, have a shaft, internal and external terraces. Volcanoes are divided into large shield volcanoes, domes, and caldera with sinkholes. The four highest summit cratered volcanoes (Olympus, Arsya, Pavonis, and Askraeus) - have developed ejecta fields and lava flows. Also found are mounds similar to terrestrial hydrothermal hot springs. Also found are mounds similar to terrestrial hydrothermal hot springs.

Key words: Mars, volcanoes of three types, hydrothermal hot springs, tectonic activity.

ВУЛКАНІЧНІ ПЕЧЕРИ МАРСА І ЇХ ПРИДАТНІСТЬ ДЛЯ КОЛОНІСТІВ

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

Олександр Мозговий – канд. техн. наук, доцент

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

Оксана Александрова – студентка 1 курсу СВО магістра ВДПУ ім. М. Коцюбинського

На поверхні Марса знайдено багато кратерів вулканічного і ударного походження. Їх вік від 4 мільярдів років, до кількох днів. На початку двохтисячних років на фото вулканічного плато Фарсіда біля вулкану Арсія, вперше побачили зображення семи темних плям округлої форми. Вони виявилися глибокими кам’яними колодязями, або отворами у стелі печер під поверхнею Марса. Ці западини назвали ямними кратерами. У нічні години вони є теплішими від розташованої поруч місцевості. Зараз у провінції

Фарсида виявили більше сотні таких кратерів. Велику кількість таких кратерів виявлено ще й у регіоні іншої вулканічної області на Марсі – Елізій. Їх діаметри становлять від 50 до 350 м. Вважають, що дані отвори й печери мають стати найпершими цілями для наступних пілотованих космічних експедицій, і місії автоматизованих апаратів.

Ключові слова: Марс, вулканічні кратери, ударні кратери, провальні кратери, космічні місії.

Дослідження Марса з орбітальних апаратів показало, що близько половини поверхні планети вкрито старими кратерами, а друга половина – досить молодими кратерами і рівнинними ерозійними відкладеннями [5, 13, 22]. Там були знайдені кратери вулканічного походження та ударні (або метеоритні). Їх вік рахується від понад 4 мільярдів років, до кількох місяців, а то й днів [23]. У південних регіонах Марса кратерів знайдено значно більше, ніж на північних низинах, і на низинних рівнинах Hellas Planitia [6, 15, 17-20] та Argyre Planitia, розташованих у середині величезних кільцевих структур у південній півкулі (Рис. 1).

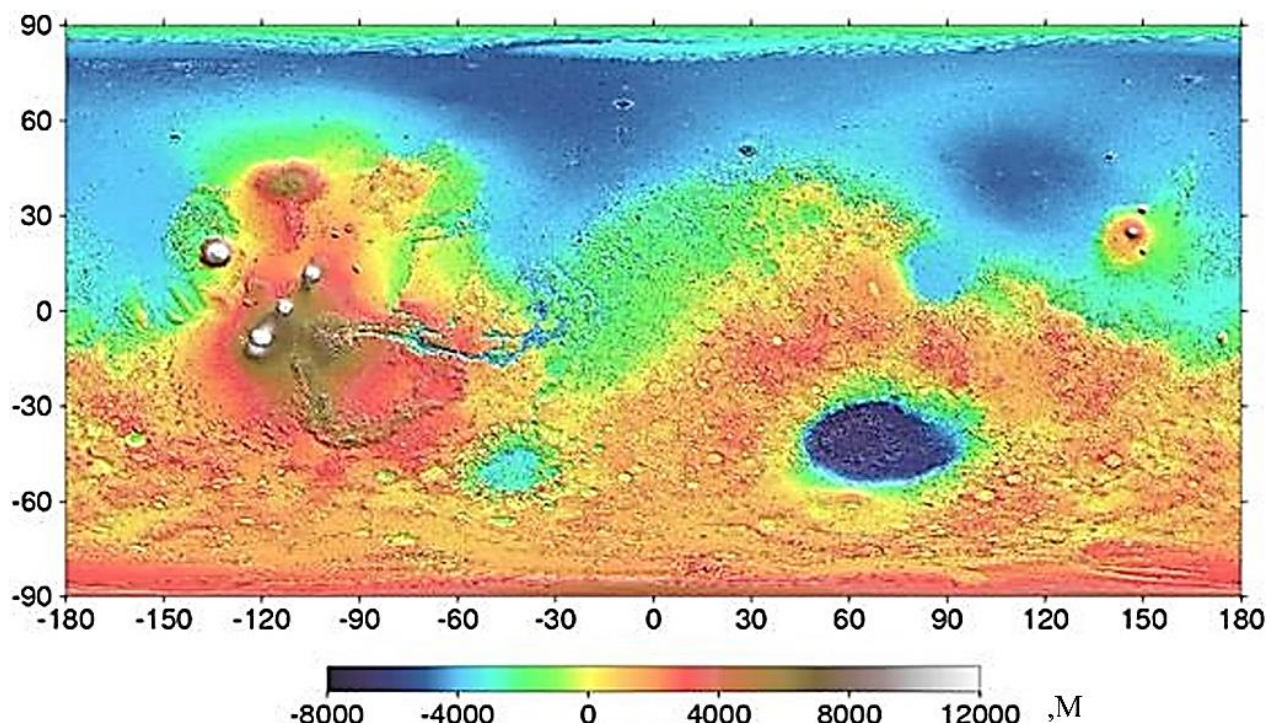


Рис. 1. Рельєф Марса за даними космічного апарата (КА) «Mars Global Surveyor» (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Ретельні дослідження показали, що ударні кратери метеоритного походження своєю формою значно відрізняються від кратерів вулканічної природи [25]. Ударні кратери мають майже круглу форму, вал навколо кратера із внутрішньою і зовнішньою терасами. А досить великі кратери мають центральні гірки, або ще й додатковий внутрішній вал. У вулканічних кратерів краї досить гладкі. А довкілля навколо них покрите лавовими потоками і тріщинами. Зазвичай, вони розташовані на вершинах підвищень подібних до куполів [24]. Найбільш характерними кратерами вулканічного походження є кратери, розташовані на вершинах найвищих гір на Марсі: Olympus, Arsya, Pavonis і Askraeus [21].

Після найперших зображень поверхні планети, отриманих різними космічними апаратами, недавніх великих ударних кратерів з обширним викинутим матеріалом, вдалося зареєструвати дуже мало. Їх переважна більшість мають дуже зруйновані поля викинутих матеріалів, і майже завжди засипані пізнішими ерозійними насипами [2, 4, 26].

На початку двохтисячних років на фотографіях вулканічного плато Фарсіда, отриманих КА «Марс Одісей» [10], вперше побачили зображення семи загадкових темних плям округлої форми. Якраз на цьому обширному марсіанському плато розташовані і вершини найбільших в Сонячній системі вулканів [12, 14]. Саме на схилах одного з них – гори Арсія – вперше вдалося помітити ці темні провали (Рис. 2).

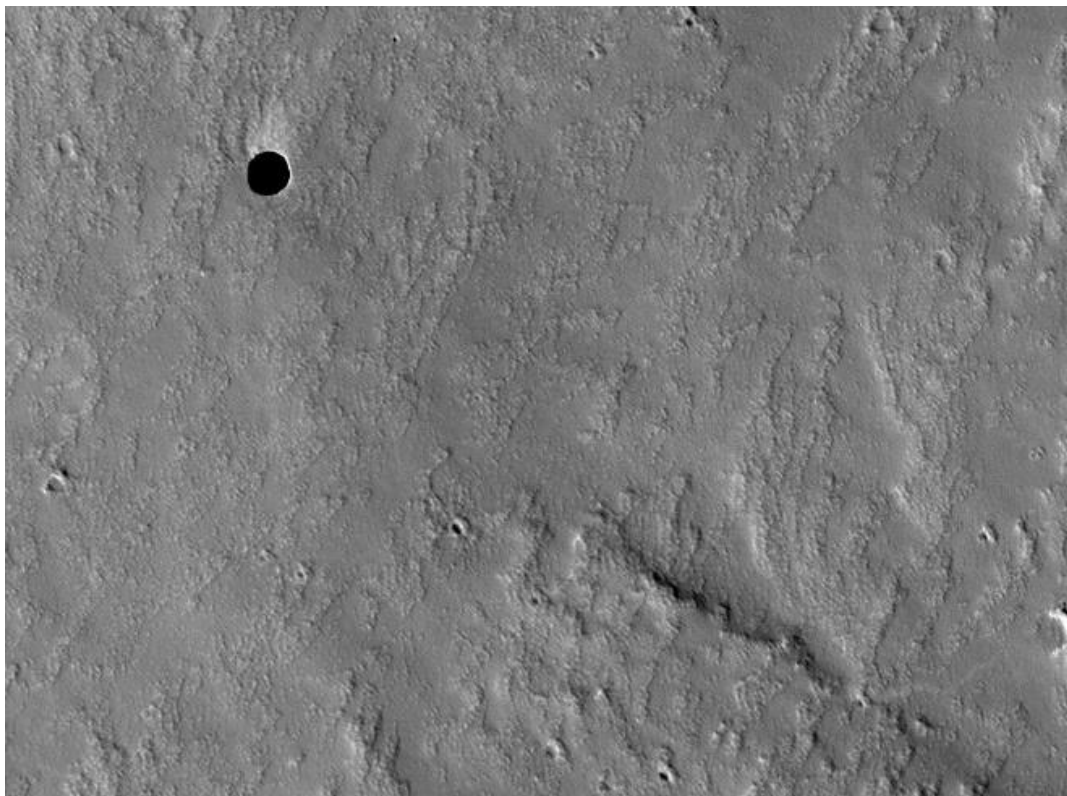


Рис. 2. Одна з темних плям на схилах вулкану Арсія (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Вони були названі «Сім сестер». Їм дали такі жіночі імена: Венді, Ені, Дена, Хлоя, Еббі, Ніккі та Джінн. Ретельніші вивчення дозволили вказати на те, що зареєстровані темні плями на дослідженій поверхні Марса виявилися провалами, або своєрідними досить глибокими кам'яними колодязями. Для пояснення їхньої природи було запропоновано, що ці плями можуть бути вхідними отворами до глибоких печерних утворень під видимою поверхнею Марса. Тобто, вони є своєрідними провалами у стелях дуже великих печер. Показаний на Рис. 1 отвір також виявили на схилі вулкана Арсія. Дане зображення отримали у травні 2007 р. камерою HIRISE, установленою на КА «Mars Reconnaissance Orbiter». Розмір показаного на Рис. 1 отвору становить 100×150 м. Але він дуже глибокий, адже його дно практично не освітлюється сонячним світлом.

Трохи пізніше з цією ж камерою було отримано нові зображення ще одного темного провалу на схилах цього ж вулкану. Його назвали Джінн. На фото він виглядає темною плямою із розміром 150×157 м (Рис. 3, ліворуч). На ньому також не було видно ніяких натяків на існування дна, стін чи зовнішнього валу по його периметру. Адже, зазвичай, такі підвищення мають місце при утвореннях як класичних ударних, так і вулканічних кратерів. Це перше фото було зроблено близько біля полудня. А отже провалля освітлювалося вертикальними променями. Тому залишалось неясним, чи мова йшла про колодязь із вертикальними стінами, чи мали справу із дуже великою печерою, у яку ми заглядаємо крізь обвалений отвір в її стелі. Новіші зображення цього ж провалу Джінн були отримані у час, коли Сонце у місці зйомки зрушило дещо на захід. На показаному на Рис. 3 (праворуч) зображенні вже досить добре видимі окремі деталі на стінах всередині

даного об'єкту. Це сталося унаслідок освітлення східних стінок отвору косими сонячними променями [8, 9]. Видно, що в цьому місці стіни йдуть практично вертикально. Проте все ще залишалось неясним наскільки глибоким є дане провалля. Стало лише зрозумілим, що на глибинах у майже 80 м дна все ще немає; а нижче – промені не проходили.

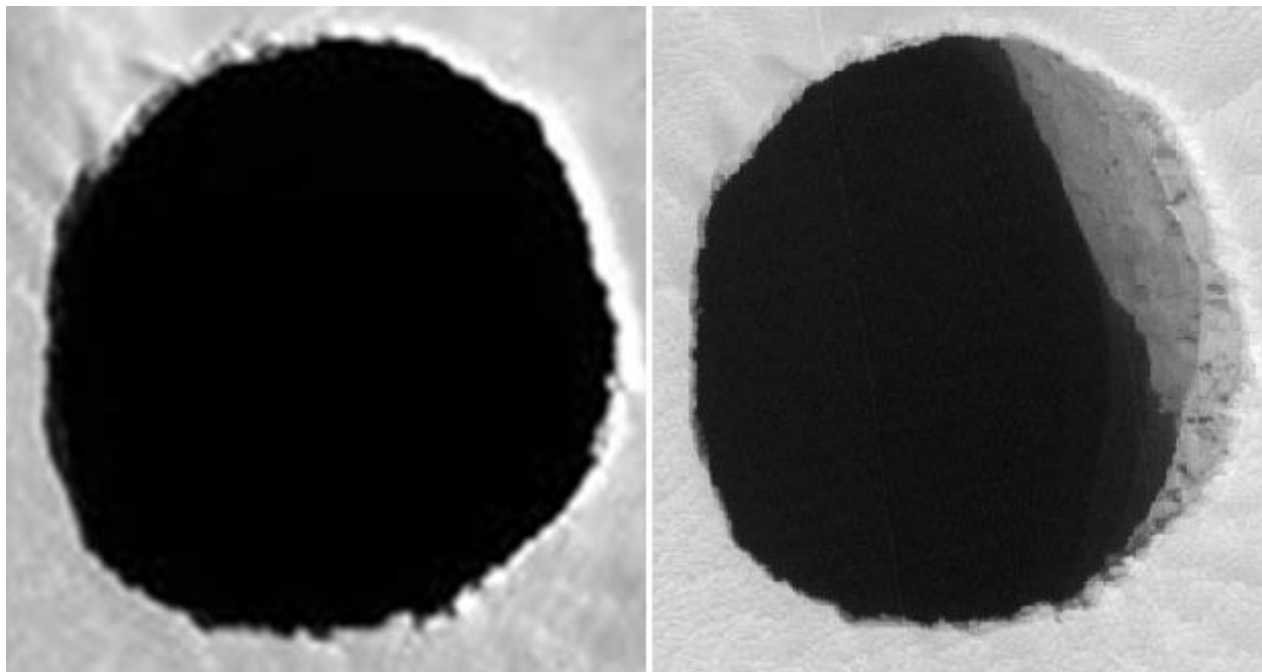


Рис. 3. Провал Джінн освітлюється – ліворуч – вертикально згори і – праворуч – косими сонячними променями 08.08.2007 (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>)

Оскільки у знайденому отворі освітленого Сонцем дна все ще не видно, і його стіни майже вертикальні, то він не є простим зруйнованим ерозією проваллям [7, 11, 27]. Але усі сім отворів знайдені недалеко від вулканічних провальних кратерів, або ж продовжують їх кратерні ланцюжки. Вважають, що такого типу кратери утворюються в моменти, у які потоками розплавленої лави під поверхнею планети випаляються порожнечі, які поступово сповзають по схилах вулкану. Надалі, наприклад, унаслідок землетрусу, зовнішні шари ґрунту провалюються в утворювані порожнечі. Мало еродовані дуже різкі краї цих марсіанських провалів можуть свідчити про молодість даних утворень. Оскільки на Марсі присутня атмосфера, то вітер там постійно рухає повітряні маси, котрі безупинно засипають ново утворені ями піском та пилом [1, 3]. Вік наймолодших слідів вулканічної активності на Марсі оцінюється від 50 тисяч до кількох десятків мільйонів років; вік окремих ділянок на плато Фарсіда становить від 0.5 до 3 млрд. років [16]. По цій причині гіпотезу утворення провальних темних колодязів потрібно ще детально опрацювати.

Діаметри знайдених отворів знаходяться у межах від менше 100 до майже 252 м. Два з семи вищезгаданих провалів було досліджено також з допомогою інфрачервоної зйомки. Вдалось виявити, що їх температура є досить постійною в довільний час доби. Тобто, при денному світлі всі провали були холоднішими за інші частини поверхні, хоча й не такими холодними, як, наприклад, ділянки місцевості, що перебували в тіні. А в нічні години дані об'єкти були теплішими від розташованої поруч місцевості. Отримані дані говорять на користь гіпотези щодо того, що знайдені об'єкти являються своєрідними «вікнами» у значної товщини стелі вулканічних печер.

Послідуючі спостережні дані показали, що величезний вулканічний регіон Фарсіда заповнений і іншими незвичайними кратерами, які створені не внаслідок падіння метеоритів. Зображення з КА «Mars Reconnaissance Orbiter» показали, що подібні кратери знаходяться і в інших місцях на поверхні Марса. Ці западини назвали ямними кратерами. Їх виявили не лише на Марсі, але й на Венері та Місяці. На Землі подібні провалля також інколи знаходять на схилах деяких молодих так званих щитових вулканів. Подібні утворення знайдено, наприклад, на Гаваях. Вважають можливим, що таким же способом були утворені і темні провалля на Марсі. Ці кратери появляються внаслідок обвалення породи над каналами, що утворювалися після проходження потоків лави. Вони відрізняються від звичайних ударних чи вулканічних кратерів відсутністю піднятих країв і не мають жодних слідів викидів породи. Зараз лише у провінції Фарсіда КА «Mars Reconnaissance Orbiter» виявив більше сотні таких кратерів. Всі вони мають гострі краї та майже циліндричну форму. Їх діаметри становлять від 50 до 350 м. За даними цього ж орбітального КА виявлено велику кількість таких кратерів ще й у регіоні іншої вулканічної області на Марсі – Елізій. Вона старша за область Фарсіда. Тут також знаходиться один з найвищих вулканів – вулкан Елізій заввишки 16 км. Саме поруч із цим вулканом КА також виявив багато ямних кратерів. Ці кратери виділяються завдяки зовнішньому вигляду. Іноді вони розташовуються у вигляді певних лінійних утворень.

Вважають, що дані отвори й самі печерні утворення мають стати одними з найперших цілей для послідуєчих як пілотованих космічних експедицій, так і місій автоматизованих апаратів.

Список використаних джерел:

1. 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.*
2. 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.
3. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P. (2020) Dust can affect on the mastering of Mars. 22 ISCo AS YS, December 11-12, 2020. Kyiv, Ukraine, p. 71-73.
4. Morozhenko A.V., Vidmachenko A.P., Kostogryz N.M. (2015) Spectrophotometric properties of Moon's and Mars's surfaces exploration by shadow mechanism. *Highlights of Astronomy*, 6, p. 182-182.
5. Mouginis-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.
6. 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.
7. 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.
8. Vidmachenko A.P. (1987) Manifestation of seasonal variations in the atmosphere of Saturn. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 3(6), p. 9-12.
9. Vidmachenko A.P. (2009) Planetary atmospheres. *Astronomical School's Report*. 6(1), p. 56-68.
10. Vidmachenko A.P. (2009) Research of the Mars by space vehicles. 11 ISCo AS YS, May 26-29, 2009, Kherson, Ukraine. P. 11-12.
11. Vidmachenko A.P. (2009) Water on Mars. *Astronomical almanac*. 56, p. 225-249.
12. Vidmachenko A.P. (2014) Study of Earth-like planets. 16 ISCo AS YS, May 29-31, 2014. Kirovohrad, Ukraine, p. 12-13.
13. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. *Astronomical School's Report* 12 (1), p. 14-26.
14. Vidmachenko A.P. (2016) Activity of processes on the visible surface of planets of Solar system. 18 ISCo AS YS. Kyiv, Ukraine. May 26-27, 2016, p. 23-27.

15. 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 Kostyuk". - 241 p. P. 43-48.

16. Vidmachenko A.P. (2016) Processes on the "young" Mars: possible developments of events. 18 ISCo AS YS, NAU, Kyiv, Ukraine, May 26-27, p. 16-17.

17. 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.

18. 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.

19. Vidmachenko A.P. (2017) What forms of life could have arisen in the ancient conditions of Mars? 19 ISCo AS YS. May 24-25, 2017. Bila Tserkva, Ukraine, p. 16-17.

20. 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.

21. Vidmachenko A.P. (2018) Comparative features of volcanoes on Solar system bodies. XX International scientific conference "Astronomical School of Young Scientists". Uman, Ukraine, p. 9-12.

22. Vidmachenko A.P. (2018) Water in Solar system. 20 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. May 23-24 2018. The program and abstracts. Uman, Ukraine, p. 91-93.

23. Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V. (2014) The study Earth-like planets using spacecraft. Astronomical School's Report 10 (1), 6-19.

24. 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. Main Astronomical Observatory NAS of Ukraine, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, Publishing House "Profi". -388 p.

25. 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.

26. 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.

27. 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.

VOLCANIC CAVES OF MARS AND THEIR SUITABILITY FOR COLONISTS.

Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

Oleksandr Mozghovyi – PhD, Associate Professor

Oleksii Steklov – PhD, Senior Research Fellow

Oksana Aleksandrova –1st-year student of the master's degree program at VDPU named after M. Kotsyubynskyi

Many craters of volcanic and impact origin have been found on the surface of Mars. Their age ranges from 4 billion years to a few days. At the beginning of the 2000s, on a photo of the volcanic plateau of Farsida near the volcano Arsia, the image of seven dark spots of a rounded shape was seen for the first time. They turned out to be deep stone wells, or holes in the ceiling of caves below the surface of Mars. These depressions were called pit craters. At night, they are warmer than the surrounding area. More than a hundred such craters have now been discovered in Farsida province. A large number of such craters were also found in the region of another volcanic region on Mars - Elysium. Their diameters range from 50 to 350 m. It is believed that these holes and caves should become the first targets for the next manned space expeditions and missions of automated devices.

Key words: Mars, volcanic craters, impact craters, pit craters, space missions.