

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ ЗЕМЛИ И МАРСА

Г. А. Скребец

george.screbec@gmail.com;

Научный руководитель — С. А. Юдаев, старший преподаватель

В работе рассматривается общая и региональная геология Марса – планеты земной группы. Обобщена и проанализирована геологическая история, изучены процессы внутренней и внешней динамики, имеющие место на планете в настоящий момент. Представлены результаты качественной оценки современных геокриологических условий.

Ключевые слова: астрогеология, сравнительная планетология, геология Марса, геология планет, астрогеология, планета Марс.

ВВЕДЕНИЕ

Геологическая история Марса весьма сложна и разнообразна: в ней сочетаются времена интенсивной бомбардировки поверхности, обильной вулканической, тектонической и сейсмической активности, многообразной деятельности как поверхностных текучих вод, так и водяного льда, а также развития различных процессов гипергенеза и седиментации.

Геохронологическая (стратиграфическая) модель Марса охватывает геологическое время от 4,6 млрд лет назад и включает три периода (системы), которые были выделены по результатам изучения частотно-размерного распределения импактных событий: нойский (3,97–3,74 млрд лет назад), гесперийский (3,74–2,9 млрд лет назад) и амазонийский (от 2,9 млрд лет назад), продолжающийся и по сей день [1].

Будучи планетой земной группы, Марс представляет собой объединение геосфер – ядра, мантии и коры – абсолютные размеры которых разнятся в зависимости от конкретной рассматриваемой геофизической модели. Зафиксированные на юге планеты явления остаточной намагниченности верхних слоев литосферы свидетельствуют о существовании полноценного магнитного поля в раннем ное (3,97 млрд лет назад и ранее). Распределение магнитных аномалий зависит от предполагаемого распространения в коре богатых железом магнитных минералов [2].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Большое влияние на геологическую историю Марса оказали эндогенные процессы, геофизический отличные от земных. Так, марсианский вулканизм характеризуется разнообразием региональных особенностей и форм рельефа, а также куда большими масштабами ввиду пониженной гравитации и современной разреженной атмосферы.

Высочайший вулкан на Марсе, гора Олимп (Olympus Mons), достигает 21 км в высоту и 550 км в диаметре, что почти в 100 раз больше самого крупного щитового вулкана на Земле. Такой аномальный размер вулканических построек объясняется не столько низкой гравитацией, сколько постоянствующими мантийными плюмами и горизонтальной устойчивостью литосферы [1].

Принимая во внимание тот факт, что современный Марс состоит из одной-единственной литосферной плиты, зарегистрированные землетрясения можно отождествлять с их земными внутриплитовыми аналогами; всего за четыре года непрерывной работы американского посадочного аппарата InSight, оснащенного сейсмометром, было зарегистрировано более 174 землетрясений в районе посадки, с магнитудой от 1 до 4,7 [3].

По своему разнообразию, масштабам и значению в формировании лика планеты экзогенные процессы на Марсе уступают разве что земным. Многие формы рельефа и формации имеют земные аналоги, однако их масштаб обычно намного крупнее. Одной из наиболее поразительных эрозионных форм рельефа являются марсианские каналы оттока, возникшие при прорывах талой воды. Каналы оттока представляют собой следы особых – флювиально-катастрофических – процессов [4] и являются важным свидетельством присутствия в прошлом жидкой воды на Марсе, причем в существенных количествах.

Другой и не менее примечательный класс эрозионного рельефа составляют сети долин, где мелкие притоки располагаются на большем возвышении, сливаясь в более крупные; некоторые каналы, впрочем, не достигают и пяти километров в ширину, хотя и они могут простираться на сотни или даже тысячи километров по марсианской поверхности. Структура сетей долин не столь сложна, как у речных систем на Земле.

Одним из немногих геологических агентов, работа которых наблюдалась непосредственно на поверхности Марса, является ветер. Было замечено, что пыльные бури как местного, так и планетарного масштабов могут усиливаться и ослабевать. Роль дефляции в изменении марсианских ландшафтов ограничена: в основном ветер лишь перераспределяет по поверхности рыхлый и слабо связанный материал, а дефляционные процессы на вулканическом и импактном типах рельефа и вовсе развиты в незначительной степени. Большинство песчаных бурь являются региональными, однако в отдельные годы они приобретают поистине планетарный масштаб [5].

В отличие от гидросферы Земли, марсианская гидросфера не носит характер сплошной оболочки, но выражена локально, а из-за постоянных низких температур и нахождения запасов воды в твердом состоянии она

также называется криолитосферой. На поверхности планеты жидкая вода нестабильна по причине низкого атмосферного давления; на глубине нескольких километров достигается точка замерзания из-за высокого давления и изоляции, создаваемых верхними слоями.

Неоспоримым наблюдаемым доказательством наличия мерзлоты на Марсе являются полярные шапки. Северная шапка Марса имеет большую площадь, чем южная, и сравнима с ледяным щитом Гренландии. Наблюдаемые формы мерзлотных процессов на Марсе, такие как провальные и термоэрозионные образования, полигональный рельеф и солифлюкции, а также наличие полярных шапок, свидетельствуют о действующих и прошлых мерзлотных процессах.

Криогенные образования были обнаружены в разных геологических провинциях возрастом от 3 млрд до 200 млн лет, что указывает на формирование криолитосферы на ранних этапах геологической истории Марса и на возможность содержания в ней большого количества воды, выделившейся при дегазации планетарного вещества [6].

Библиографические ссылки

1. Rossi A.P., van Gasselt S. Geology of Mars after the first 40 years of exploration // Res. Astron. Astrophys. 2010. Vol. 10, n 7. P. 621–652.
2. Mangold N., Baratoux D., Witasse O. [et al.]. Mars: a small terrestrial planet // Astron. Astrophys. Rev. 2016. Vol. 24. P. 2–107.
3. Giardini D., Lognonné P., Banerdt, W. B. et al. The seismicity of Mars // Nat. Geosci. 2020. Vol. 13, n. 3. P. 205–212.
4. Гросвальд М.Г. Евразийские гидросферные катастрофы и оледенение Арктики. Москва : Научный мир, 1999. 120 с.
5. Carr M. H. The surface of Mars. Cambridge : Cambridge Univ. Press, 2007.
6. Абраменко, О.Н. Сравнительный анализ мерзлотных условий Антарктиды и полярных областей Марса: диссертация ... кандидата геолого-минералогических наук: 25.00.08. Москва : МГУ, 2010. 174 л.