

## ОБ ОДНОЙ ОСОБЕННОСТИ АСТЕНОСФЕРЫ МАРСА

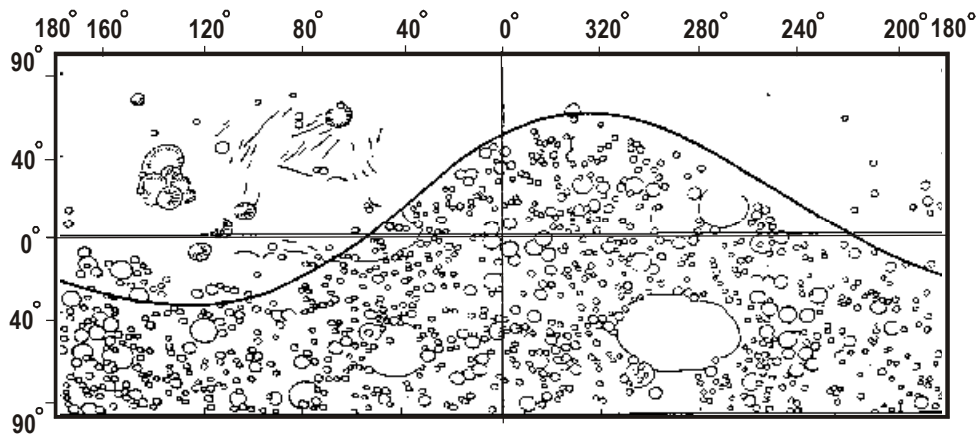
Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН, Москва)

azary@mail.ru

Ключевые слова: галактические кометы, кратеры, астеносфера, ударные волны, Марс, Земля

Многие планеты Солнечной системы, в их числе Земля, Марс, а также Луна обнаруживают явную морфологическую асимметрию поверхности. Наиболее ярко эта асимметрия выражена у Марса, поверхность которого расчленена достаточно резкой тектонической границей на две полусферы (рис.1): юго-восточное тектонически пассивное – «континентальное» полушарие, и северо-западное тектонически активное – «морское» полушарие. В приэкваториальной области активного полушария расположены 4 потухших вулкана высотой от 15 до 25 км, крупнейшие на Марсе и во всей Солнечной системе. Поверхность пассивного полушария приподнята над уровнем активного полушария в среднем на 4-5 км и густо испещрена крупными кратерами диаметром в десятки-сотни километров. Поверхность морского полушария преимущественно сложена гладкими равнинами и покрыта сравнительно небольшим числом кратеров [1].

Кратеры южного и северного полушария отличаются не только численностью, но и разным строением, а также временем образования [2] и функцией распределения по размерам [3,4].



**Рис.1.** Асимметричное строение поверхности Марса [5]. Линией показана граница активного (морского) и пассивного (континентального) полушарий Марса, отделяющая его области с разной степенью кратерированности. Граница между этими полушариями получается как след сечения сферической поверхности Марса плоскостью, наклоненной к оси его вращения на угол  $35^\circ$  [6].

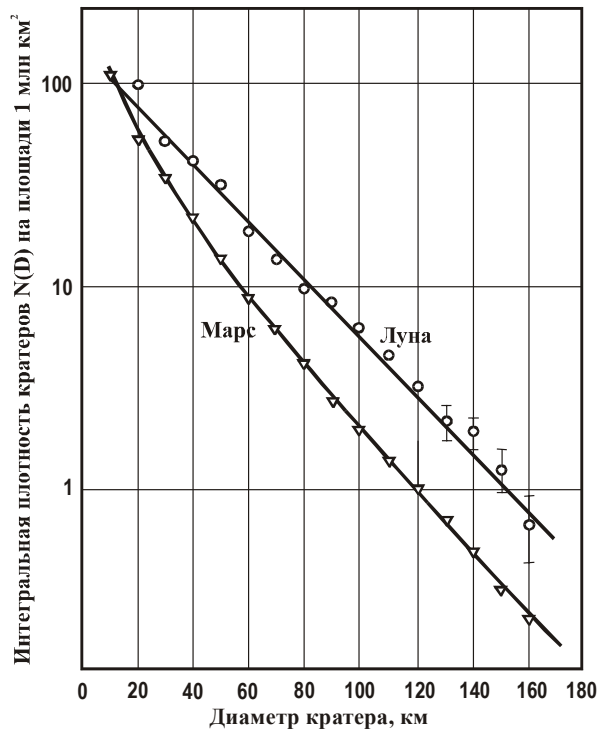
Указанные особенности распределения кратеров Марса могут быть объяснены падением на планету двух разных типов кратерообразующих тел [3]. Первый – это астероиды и кометы Солнечной системы, а второй – кометы Галактики. В отличие от первых, падающих во времени вполне равномерно, и образующих кратеры преимущественно в экваториальном поясе Марса, вторые бомбардируют планету через  $20 \div 37$  млн. лет в сравнительно короткие  $\sim 1 \div 5$  млн. лет эпохи пребывания Солнца в струйных потоках и спиральных ветвях Галактики [4].

Вследствие наклона эклиптики к галактической плоскости, в которой движутся кометы, на угол  $60^\circ$  бомбардируемая кометами область перемещается по поверхности планеты с периодом орбитального движения Солнца в Галактике  $\sim 223$  млн. лет [4]. В силу современного положения Солнца на орбите три последние бомбардировки Солнечной системы галактическими кометами в кайнозойе пришлось в основном на южное полушарие планет. В частности, на Марсе, как мы полагаем, это привело к резкой асимметрии его юго-восточного и северо-западного полушарий.

Галактические кометы в основном сложены льдами воды и других замерзших газов. Ядра комет обладают плотностью  $\sim 1 \text{ г/см}^3$ , а их диаметр, масса и энергия соответственно составляют  $0.1 \div 3.5$  км,  $10^9 \div 10^{14}$  кг и  $10^{20} \div 10^{25}$  Дж [7]. За одну бомбардировку на Марс, Землю и др. планеты

может падать  $\sim 10^4$ - $10^6$  галактических комет. В результате у планет без газовой оболочки либо с очень разреженной атмосферой, как у Марса, бомбардируемые галактическими кометами участки поверхности полностью насыщаются крупными кратерами. Наблюдаемая плотность кратеров здесь достигает теоретического предела, составляющего  $\approx 100$  воронок диаметром  $\geq 10$  км на площади 1 млн. км<sup>2</sup> [3].

В газовой оболочке планет ядра галактических комет интенсивно испаряются, теряя массу и уменьшаясь в размере [7]. В результате этого процесса образуемые кометами кратеры даже на Марсе с его сильно разреженной атмосферой оказываются в диаметре систематически меньше, чем на Луне, полностью лишенной газовой оболочки (рис.2).



**Рис.2.** Сопоставление интегральных распределений кратеров для континентальных полушарий Марса и Луны, полностью насыщенных кометными кратерами. Распределения кратеров построены по данным [8].

Различия в распределениях кратеров Марса и Луны в области больших размеров можно объяснить уменьшением диаметра ядер галактических комет примерно на 300 м вследствие их испарения в марсианской атмосфере. Избыток на Марсе по сравнению с Луной кратеров малых диаметров указывает также на дробление ядер галактических комет в атмосфере планеты [7].

Существенно более плотные, чем у Марса, газовые оболочки Земли и Венеры практически непроницаемы для галактических комет [3]. В плотных атмосферах этих планет галактические кометы неизбежно гибнут с образованием гиперзвуковой ударной волны, которой и передается основная энергия кометы. При этом после достижения волной твердой планетной поверхности огромная кинетическая энергия кометы идет не на создание кратера, а расходуется главным образом на разогрев и плавление ударной волной больших локальных зон пород глубоко под местом удара [9]. На Земле эти зоны могут непосредственно обнаруживать себя в виде так называемых «магматических камер». Под тонкими океанскими плитами такие камеры, как мы знаем, существуют десятки-сотни миллионов лет, поставляя на дно современного Мирового океана большие объемы лавы, участвующей в строительстве подводных гор [10].

Марс в этом отношении, очевидно, отличается от Земли и Венеры. Большая часть энергии галактических комет здесь расходуется на образование кратеров, а ударной волне передается существенно меньшая ее часть. К тому же воздействие ударных волн на процессы литосфере в условиях Марса, по-видимому, не столь локальны как на Земле и Венере и энергия кометных ударных волн в основном идет на нагрев марсианской астеносферы. При этом излияние лав на поверхность планеты, как свидетельствуют наблюдения, носит подчиненный характер и явно уступает масштабам этого явления на Земле и Венере.

Принимая во внимание высокую интенсивность падений галактических комет на планеты и очень низкую скорость кондукционного отвода тепла из астеносферы, все это должно вызывать сильное «вспучивание» поверхности Марса, подвергшейся кометной бомбардировке.

Расчеты, аналогичные выполненным в работе [10], показывают, что для объяснения этим механизмом наблюдаемой разности высот континентального и морского полушарий Марса под первым из них должен располагаться астеносферный слой значительной толщины. Мощность этого слоя в зависимости от степени плавления его пород может составить 100÷250 км. Данная оценка совпадает с величиной слоя астеносферы под материками Земли [11]. Возникновение у Марса такой астеносферы вполне может быть связано с его бомбардировками галактическими кометами, причем в кайнозойское время.

Поскольку при перемещении Солнца по галактической орбите кометным бомбардировкам поочередно подвергаются [12] то южная, то северная полусферы Марса, слой астеносферы может мигрировать в теле планеты, и ее континентальное и морское полушария через половину галактического года могут поменяться местами.

Эта возможность еще больше роднит Марс и Землю, у которой в эпохи преимущественных бомбардировок кометами ее южного полушария, дрейфующие материковые плиты собираются периодически вместе, формируя около южного полюса суперконтиненты [13,14].

### Литература

1. *Казимиров Д.А.* Десимметрия планет земной группы и спутников и основные фазы их развития // Вопросы планетарного тектоногенеза. Труды ГИН. Вып.1. М.: 1977. СС. 23-66.
2. *Varenbaum A.A.* Estimation of tectonic relaxation time of Mars surface using large asteroid craters distribution // Microsymposium 36 Vernadsky Inst. - Brown Univ. Abstracts. М. 2002.
3. *Баренбаум А.А.* Галактика, Солнечная система, Земля. Соподчиненные процессы и эволюция // М.: ГЕОС. 2002. 394 с.
4. *Баренбаум А.А., Гладенков Ю.Б., Ясаманов Н.А.* Геохронологические шкалы и астрономическое время (современное состояние проблемы) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2002. Т.10. №2. С.3-14.
5. Shaded relief map of Mars. 1:25000000. 1972.
6. *Шевченко В.В., Родионова Ж.Ф.* Глобус Марса – еще одна «планета» у вас на столе // М.: ГАИШ. 1993. 28 с.
7. *Varenbaum A.A.* Definition of parameters of galactic comets nucleuses by measurement of crater diameters on the Mars and the Moon // Microsymposium 38 Vernadsky Inst.-Brown Univ. Abstracts. М. 2003. MS004.
8. *Казимиров Д.А., Родионова Ж.Ф., Ситников Б.Д. и др.* Планетарные закономерности распределения кратеров на Марсе, Луне и Меркурии // Препринт ГИН-ГАИШ. М.: 1981.
9. *Баренбаум А.А., Ясаманов Н.А.* Галактические кометы как один из ведущих факторов тектонической эволюции планет земной группы // Тектоника и геодинамика континентальной литосферы. Материалы 36 Тектон. совещ. Т.1. М.: ГЕОС. 2003. СС.24-26.
10. *Баренбаум А.А.* О механизме образования подводных гор галактическими кометами // Материалы ЕСЭМПГ-2004. М.: ГЕОХИ. 2004.  
URL: [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2004/informbul-1/planet-15.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/informbul-1/planet-15.pdf)
11. *Браун Д., Массет А.* Недоступная Земля // М.: Мир. 1984.
12. *Баренбаум А.А., Ясаманов Н.А.* Тектонические циклы Вилсона, Бертрана и Штилле как следствие бомбардировок Земли галактическими кометами // Эволюция тектонических процессов в истории Земли. Материалы 37 Тектон. совещ. Т.1. Новосибирск: СО РАН. 2004. СС.38-41.
13. *Хаин В.Е.* Основные проблемы современной геологии // М.: Научный мир. 2003. 347 с.
14. *Баренбаум А.А., Ясаманов Н.А., Хаин В.Е.* Крупномасштабные тектонические циклы: анализ с позиций галактоцентрической парадигмы // Вестник МГУ. Серия Геология. 2004 (в печати).

---

*Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(22) 2004*

*Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2004)*

URL: [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2004/informbul-1/planet-14.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/informbul-1/planet-14.pdf)

*Опубликовано 1 июля 2004 г*

© *Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2004*

*При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна*