

**Об асимметричном строении поверхности планет земной группы,
вызванном падениями галактических комет**

А. А. Баренбаум

¹Институт проблем нефти и газа РАН, Москва

azary@mail.ru

Обоснована гипотеза, согласно которой сходная асимметрия поверхности планет, состоящая в преобладании континентов в их южной, а морей в северной полусфере, вызвана бомбардировкой планет галактическими кометами, случившейся в период $5 \div 1$ млн. лет назад. Падения комет на планеты без атмосферы создают крупные кратеры, а на планетах с газовой оболочкой приводят к значительному подъему бомбардируемых участков поверхности.

Ключевые слова: галактические кометы, кратеры, планеты, новейшие поднятия

Ссылка: Баренбаум, А. А. (2012), Об асимметричном строении поверхности планет земной группы, вызванном падениями галактических комет, *Вестник ОНЗ РАН*, 4, NZ9001, doi:10.2205/2012NZ_ASEMPG

Введение. Ряд крупных небесных тел Солнечной системы, в частности, Марс и Луна имеют похожую асимметрию поверхности. Их возвышенные – «континентальные» участки преобладают в южном полушарии, а пониженные – «морские» в северном. «Океаническое» и «континентальное» полушария имеет также Земля. Причины такой асимметрии объясняют по-разному. У Земли и Луны ее связывают либо с отрывом Луны от Земли [Darvin, 1910], либо с ударом о Землю космического тела планетарного размера [Hartman, Davis, 1975]. Мощным ударным событием объясняют и появление асимметрии у Марса [Википедия].

В настоящее время главным рельефообразующим фактором принято считать падения на планеты крупных космических тел: планетезималей, формировавших планеты на раннем этапе их образования, а также астероидов и комет, существующих в межпланетном пространстве сегодня. Однако, межпланетные астероиды и кометы – это далеко не все космические тела, падавшие на планеты в фанерозое. В гораздо большем количестве на планеты падали кометы галактического происхождения. Эти кометы возникают в зонах газоконденсации галактических рукавов и поступают в Солнечную систему во времена нахождения Солнца в струйных потоках и спиральных рукавах Галактики. Наиболее изучены кометы ближайшего к Солнцу струйного потока Ориона-Лебедя, бомбардировавших планеты в период $5 \div 1$ млн. лет назад. Их скорость относительно Солнца составляет ≈ 450 км/с, масса $\sim 10^{12} \div 10^{17}$ г, а кинетическая энергия $\sim 10^{20} \div 10^{25}$ Дж. Плотность ядер этих комет ~ 1 г/см³. На 80–90% они состоят из водяного льда и на 10–15% из углеродной компоненты [Баренбаум, 2010].

Задачи статьи. В работах [Баренбаум, 2002, 2004, 2008; Баренбаум, Шнекин, 2011; и др.] приведены факты, позволяющие предположить, что сходная асимметрия поверхности планет, состоящая в преобладании континентов в их южной, а морей в северной полусфере, вызвана падениями на планеты в период $5 \div 1$ млн. лет назад комет струйного потока Ориона-Лебедя. Именно тогда на Земле происходило быстрое вздымание континентов [Артюшков, 2008], а на Марсе, Луне и Меркурии наряду с этим процессом возникали кратеры [Баренбаум, 2002].

Обоснование данной гипотезы, предлагаемое ниже, опирается на следующие основные сведения о галактических кометах и их взаимодействиях с планетами [Баренбаум, 2010]:

- Количество галактических комет выпавших на планеты на протяжении фанерозоя в сотни и тысячи раз больше, чем межпланетных астероидов и обычных комет тех же размеров. На планетах без атмосферы эти кометы образуют кратеры диаметром ≥ 10 км, которые резко отличаются по многим параметрам от создаваемых астероидами и обычными кометами.

- В отличие от крупных межпланетных тел, падающих на планеты случайным образом, падения галактических комет носят ливневый характер. Длительность ливней составляет $\sim 2 \div 5$ млн. лет, а сами они циклически повторяются через 19–37 млн. лет. В зависимости от ситуации в Галактике число комет в ливне варьирует в пределах одного-двух порядков величин. За время одной бомбардировки на Землю может выпасть $10^4 \div 10^6$ комет. Последняя бомбардировка

БАРЕНБАУМ: ОБ АСИММЕТРИЧНОМ СТРОЕНИИ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТ

имела место $5 \div 1$ млн. лет назад и была сравнительно «слабой». По нашим оценкам за это время на поверхность планеты площадью $100 \times 100 \text{ км}^2$ могло упасть 3-5-галактических комет.

- Такая плотность падений галактических комет, однако, достаточна, чтобы полностью насытить бомбардируемую поверхность кратерами диаметром $10 \div 200 \text{ км}$. Предел насыщения поверхности Луны, Меркурия и Марса этими кратерами теоретически составляет ~ 100 кратеров на площади 1 млн. км^2 . Расчеты показывают, что в состоянии насыщения кратерные воронки занимают 50% площади кратерированной поверхности.

- Важным фактором, вызывающим анизотропию поверхности планет, является наклон эклиптики на угол 62° к плоскости Галактики, в которой движутся кометы. Имеющиеся факты свидетельствуют, что последний раз галактические кометы преимущественно бомбардировали южное полушарие планет, ось вращения которых перпендикулярна эклиптике или отклоняется от этого направления слабо. Земля, Марс и Меркурий, а также Луна относятся к их числу.

- Наличие у планет газовой оболочки радикально меняет физику взаимодействия комет с планетами. В атмосфере Земли галактические кометы полностью разрушаются, формируя гиперзвуковую струю из испарившегося кометного вещества и ударно нагретого воздуха. Достигнув поверхности, эта струя не создает кратера, а расходует большую часть энергии кометы на нагревание $\sim 100\text{-}200 \text{ км}$ слоя пород под местом удара. В дальнейшем эта тепловая энергия выделяется в различных тектономагматических процессах. В океанах и морях такими процессами, прежде всего, являются излияния лав на дно и образование подводных гор, а на континентах – вздымание поверхности и образование интрузий [Баренбаум, 2008, 2011].

- В атмосфере Марса, характеризующейся в 100 раз меньшей плотностью, чем у Земли, ядра галактических комет частично испаряются, что приводит одновременно к двум эффектам: образованию высоко стоящей континентальной поверхности и возникновению на ней кратеров. Однако кратеры при этом оказываются систематически меньше по диаметру, чем, например, на Луне и Меркурии, не обладающими газовыми оболочками.

Проиллюстрируем сказанное соответствующими фактическими данными.

Фактические данные и их обсуждение. На рис. 1а показана карта рельефа Марса, а на рис. 1б приведена площадь кратерных воронок по обе стороны от границы рис. 1а.

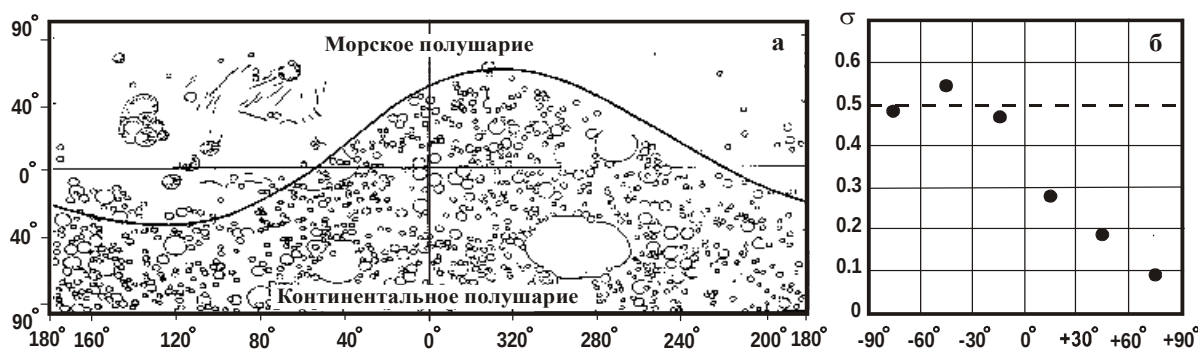


Рис. 1. а) Асимметричное строение поверхности Марса [Shaded relief map of Mars, 1972]. Линией показана граница морского и континентального полушарий Марса, отделяющая его области с разной степенью кратерированности [Казимиров, 1977]; б) расчеты доли поверхности Марса под кратерами диаметром $\geq 10 \text{ км}$ в полосах широт по 30° в обе стороны от границы [Баренбаум, 2002], пунктирная линия – теоретический предел насыщения поверхности кратерами диаметром $\geq 10 \text{ км}$

Рис. 1а схематично отражает поверхность Марса, расчлененную тектонической границей на два полушария: юго-восточное тектонически пассивное – «континентальное» и северо-западное тектонически активное – «морское». Континентальное полушарие, как известно, приподнято над уровнем морского на 2–6 км и сплошь покрыто крупными кратерами, тогда как поверхность морского полушария сложена гладкими равнинами с небольшим числом кратеров. Своеобразна и граница между полушариями. Она получается как след сечения сферической поверхности плоскостью, наклоненной к оси вращения Марса под углом 35° [Казимиров, 1977].

На рис. 1б показаны рассчитанные по данным [Казимиров и др., 1980] доли поверхности Марса под кратерами по обе стороны от тектонической границы. Из расчета следует, что

БАРЕНБАУМ: ОБ АСИММЕТРИЧНОМ СТРОЕНИИ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТ

континентальное полушарие Марса максимально насыщено кратерами. Причем, если в этом полушарии кометные кратеры доминируют, то на экваторе планеты кометных и астероидных кратеров становится поровну, а на северном полюсе Марса кометные кратеры исчезают совсем.

Особенности рельефа Марса мы связываем с падениями галактических комет на его юго-восточное полушарие перпендикулярно плоскости тектонической границы. Перепад высот между полушариями, по нашим оценкам [Баренбаум, 2004], может быть объяснен нагревом до частичного плавления слоя пород литосферы под континентами толщиной 100–250 км. На наличие такого астеносферного слоя независимо указывает присутствие в приэкваториальной области морского полушария Марса четырех вулканов высотой от 15 до 25 км.

Распределения кратеров на Марсе, Луне и Меркурии, а также Земле показаны на рис. 2.

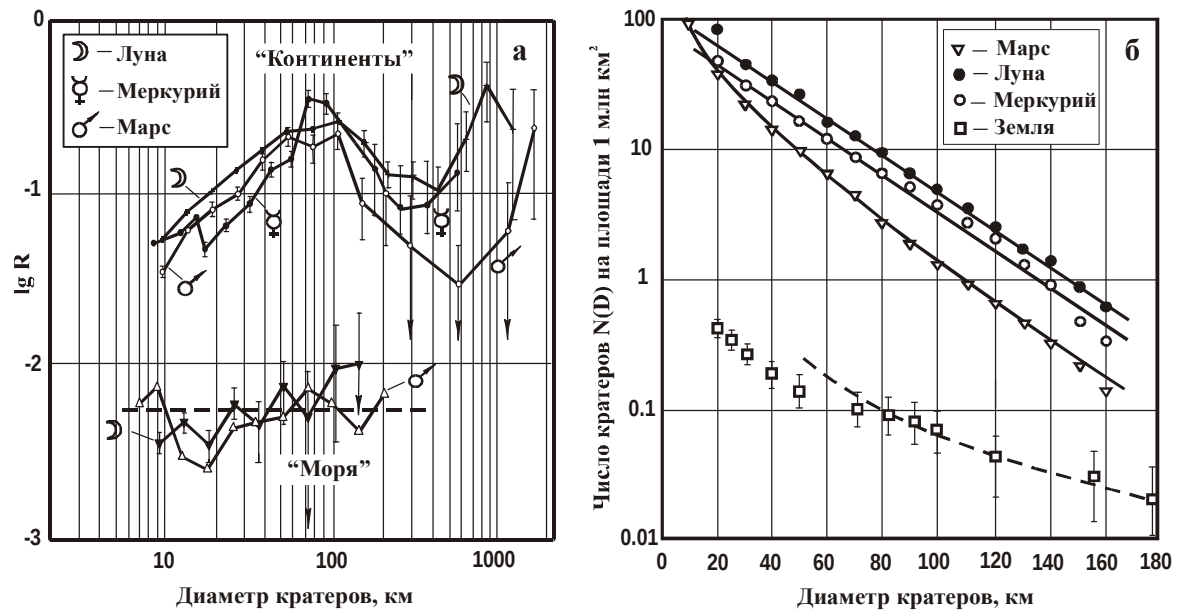


Рис. 2. Распределение плотности кратеров по диаметрам: а) дифференциальное $N(\Delta D)$ с шагом $\Delta D = D/\sqrt{2}$ в специальном двойном логарифмическом масштабе [Воронов и др., 1986] и б) интегральное $N(>D)$ в полулогарифмическом масштабе [Баренбаум, 2002], построенное по данным [Казимиров и др., 1980]. Пунктирная линия на рисунках соответствует обратно квадратичной зависимости от D

Мы видим (рис. 2а), что кратеров на континентах не только больше, чем на морях, но они еще отличаются распределением по диаметрам. Если кратеры на морях подчиняются обратно квадратичной зависимости, то кратеры на континентах, распределены по экспоненциальному закону (рис. 2б), свойственному галактическим кометам. По сравнению с Луной и Меркурием континенты Марса обеднены крупными кометными кратерами. На Земле же кометные кратеры отсутствуют вообще. Все ее кратеры образованы астероидами, а отклонение их распределения от обратно квадратичной зависимости вызывается наблюдательной селекцией.

В процессе орбитального движения Солнца в Галактике область поверхности планет, подвергающаяся кометным ударам, закономерно перемещается по планетной сфере. На рис. 3 рассчитанная для последних 700 млн. лет плотность падений галактических комет на Землю [Баренбаум, 2002] сопоставлена с эмпирически установленными границами циклов Бертрона [Хаин, 2000], периодами существования суперконтинентов Пангея и Паннотия [Божко, 2003] и широтами распространения ледниковых покровов [Чумаков, 2001].

Сопоставляя результаты расчета с фактическими данными, следует иметь в виду, что поток бомбардирующих Землю галактических комет сильно варьирует. Число падающих комет зависит от положения Солнца на орбите и резко возрастает в областях звездообразования галактических рукавов. Наиболее интенсивно кометы падали в конце кембрия и ордовика, а также в триасе. С целью упрощения анализа результатов расчета это обстоятельство на рис. 3 не отражено. В расчетах также пренебрегалось прецессией и возможной нутацией земной оси и предполагалось, что плоскость эклиптики испытывает прецессию с периодом 2.7 млрд. лет в направлении совпадающим с движением Солнца в Галактике.

БАРЕНБАУМ: ОБ АСИММЕТРИЧНОМ СТРОЕНИИ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТ

По данным рис. 3а кометы поочередно бомбардируют то северное, то южное полушарие Земли. При этом вследствие изменения орбитальной скорости Солнца, на южное полушарие кометы падают более продолжительное время, чем северное. Соответственно активнее в этом полушарии поднимается и поверхность. Этим обстоятельством мы объясняем [Баренбаум и др., 2004] агломерацию суперконтинентов в южном полушарии, а также широты распространения ледниковых покровов (рис. 3в), которые ограничиваются бомбардируемой кометами областью.

Следует отметить, что поверхность южного полушария Земли вздымается и в настоящее время. По данным GPS средний радиус этого полушария ежегодно растет на ~ 1.37 мм, тогда как северное полушарие не обнаруживает роста [Баркин, 2007].

Расчеты плотности падений галактических комет в период последней бомбардировки в полной мере могут быть отнесены и к Марсу, ось вращения которого наклонена как у Земли.

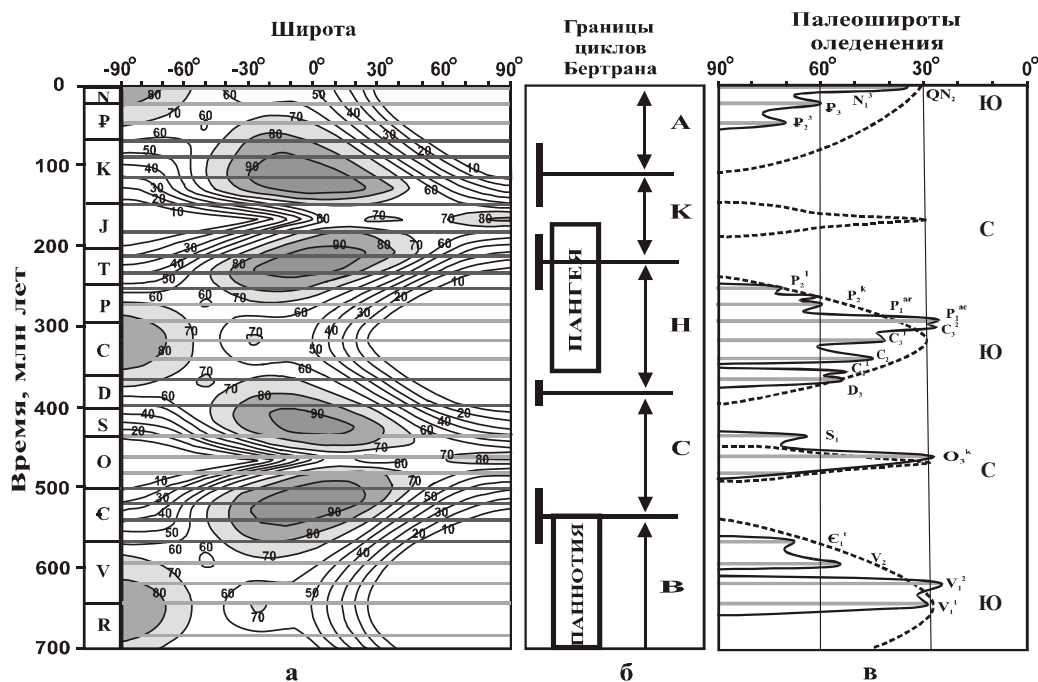


Рис. 3. Сопоставление плотности падений на Землю галактических комет (а) с границами циклов Бертраана [Хаин, 2000] и периодами существования [Божко, 2003] суперконтинентов Пангея и Паннотия (б), а также палеоширотами [Чумаков, 2001] ледниковых покровов (в). Узкими горизонтальными полосами показаны времена кометных бомбардировок, принятых 5 млн. лет. Темным цветом выделены кометные бомбардировки, отвечающие границам циклов Бертраана: В – байкальского, С – каледонского, Н – герцинского, К – киммерийского и А – альпийского. Вне полос расчеты смысла не имеют. Цифры у изоденс – проценты от максимальной интенсивности принятой за 100%. Пунктирная линия (рис. в) – угол между направлением на центр Галактики и осью Земли, определяющий область широт падений комет. С и Ю – «северные» и «южные» оледенения

Новейшие поднятия. Так названо явление синхронного вздымания поверхности почти всех континентов Земли, происходившее в период от 5 до 1 млн. лет назад. Высота поднятий сильно варьировала. На побережье Тихого океана она была первые сотни метров, на Сибирской платформе 200–1000 м, в Южной Африке – от 300–400 м на западе до 900–1200 м на востоке. Самый быстрый рост происходил в горной местности. Так, Аравийская платформа увеличила высоту на 2 км, Альпы – на 3 км, а Гималаи – на 6 км. Под большинством гор наблюдался значительный подъем астеносферы, в ряде мест приведший к излиянию магмы на поверхность.

Новейшие поднятия объясняют [Артюшков, 2008] замещением слоя континентальной литосферы толщиной ~ 100 км горячей астеносферой. В результате вязкость в замещаемом слое снижается на 4 порядка величины, а температура растет на сотни градусов. Оценки [Баренбаум, 2008] показывают, что для обеспечения новейших поднятий требуется энергия $\geq 10^{27}$ Дж.

Нами [Баренбаум, 2012] оценен тепловой эффект, который создают падающие на Землю галактические кометы разных энергий. Расчеты проведены для куба пород со стороной 100 км в предположении, что энергия комет расходуется на нагрев пород, распределяясь в объеме куба

БАРЕНБАУМ: ОБ АСИММЕТРИЧНОМ СТРОЕНИИ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТ

равномерно. Вычислялись температура нагрева и соответствующее ей удлинение ребра куба. Показано, что при нагревании 100 км столба пород на каждые 100° земная поверхность над ним приподнимается на 300 м. Причем если для мелких комет эти эффекты малы, то кометы с энергией $\sim 10^{25}$ Дж нагревают породы более чем на 1000°, что приводит к полному плавлению вещества в объеме 10^6 км³. Комет таких энергий, однако, мало. Их вероятность падения на площадку 100×100 км² при последней бомбардировке порядка $\sim 10^{-3}$. Для комет средних энергий $\sim 10^{22}$ – 10^{24} Дж вероятность падений на ту же площадку гораздо выше, они нагревают породы на сотни градусов и способны обеспечить подъем земной поверхности на километры.

Приведенные оценки вполне соответствуют наблюдаемым высотам новейших поднятий и степени нагрева низлежащих пород. Совершенно очевидно, что падения комет вызывают крайне неравномерный нагрев пород литосферы под континентами, как в латеральном плане, так и по глубине. Несомненно, и то, что дополнительный нагрев пород на нижней границе литосферы, находящихся в состоянии близком к ликвидусу, неизбежно ведет к плавлению и химическому преобразованию их минералов в процессах эклогизации.

Тем самым можно констатировать, что в эпохи падений галактических комет в подошве литосферы возникает мощный слой неравномерно нагретых и частично расплавленных пород, который с полным основанием можно назвать астеносферой. Существование астеносферы – это не сугубо земной феномен, а явление присущее всем планетам земной группы. Появление этого слоя под материками Земли приводит к значительному подъему их поверхности, а под дном океанов – к интенсивному излиянию лав, особенно в зонах срединных океанических хребтов.

Заключение и выводы

1. Современное преобладание возвышенных (континентальных) участков поверхности в южном полушарии планет, а пониженных (морских) – в северном полушарии вызвано главным образом бомбардировкой планет галактическими кометами в период 5÷1 млн. лет назад.

2. Падения галактических комет являются общей причиной подъема обширных участков поверхности планет и возникновения на этих участках крупных ударных кратеров. На планетах с плотной атмосферой вздымается поверхность, а без атмосферы – возникают кратеры. На Марсе, обладающем разреженной газовой оболочкой, происходят оба эти процесса.

Литература

Артошков, Е. В. (2008). Новейшие поднятия земной коры на континентах как следствие резкого размягчения мантийной литосферы и ее замещения астеносферой. *Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики, т. I*, М.: ГЕОС, сс. 31–34.

Баренбаум, А. А. (2002). *Галактика, Солнечная система, Земля. Соподчиненные процессы и эволюция*, М.: ГЕОС, 393 с.

Баренбаум, А. А. (2004). Об одной особенности астеносферы Марса, *Вестник ОНЗ РАН*, №1(22) 2004 URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/informbul-1/planet-14.pdf

Баренбаум, А. А. (2008). Процессы в земной коре и верхней мантии: проблемы горообразования и новейших поднятий земной коры, *Связь поверхностных структур земной коры с глубинными*, Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, ч.1, сс. 43–47.

Баренбаум, А. А. (2010). *Галактоцентрическая парадигма в геологии и астрономии*, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», М. 544 с.

Баренбаум, А. А. (2011). Тектономагматические процессы в океанах и на континентах как индикаторы падений галактических комет, *Межд. конф. посв. памяти В.Е. Хаина: Современное состояние наук о Земле*, М.: МГУ, [http:// khain2011.web.ru](http://khain2011.web.ru), сс. 166–171.

Баренбаум, А. А. (2012). О происхождении новейших поднятий земной коры: новая постановка проблем глобальной геодинамики (в печати).

Баренбаум, А. А., В. Е. Хаин, Н. А. Ясаманов (2004). Крупномасштабные тектонические циклы: интерпретация с позиций галактической концепции. *Вестник МГУ, Сер.4, №3*, сс.3–16.

Баренбаум, А. А., М. И. Шпекин (2011). О возрасте поверхности Луны, *Вестник ОНЗ РАН, т.3, NZ6011*, doi:10.2205/2011NZ000141.

Баркин, Ю. В. (2007). Механизм возрастания среднего уровня океана и решение “attribution problem”, *Геология морей и океанов, т. IV*, М.: ГЕОС, сс. 21–23.

Божко, Н. А. (2003). Суперконтинентальная цикличность в тектоническом развитии литосферы, *Тектоника и геодинамика континентальной литосферы, т. I*, М.: ГЕОС, сс. 56–60.

Википедия. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Марс>

БАРЕНБАУМ: ОБ АСИММЕТРИЧНОМ СТРОЕНИИ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТ

Воронов, А., Стром, Р. Г., Гаркис, М. (1986). Интерпретация кратерной летописи: от Меркурия до Ганимеда и Каллисто, *Спутники Юпитера*, ч.2,. М.: Мир, сс. 5–48.

Казимиров, Д. А. (1977). Десимметрия планет земной группы и спутников и основные фазы их развития, *Вопросы планетарного тектоногенеза*, *Тр. ГИН*, вып.1, М, сс. 23–66.

Казимиров, Д. А., Б. Д. Ситников, Г. А. Порошкова и др. (1980). *Плотность распределения кратеров на Луне, Меркурии и Марсе*, Препринт ГИН-ГАИШ

Хаин, В. Е. (2000) Крупномасштабная цикличность в тектонической истории Земли и ее возможные причины, *Геотектоника*, №6, сс. 3–14.

Чумаков, Н. М. (2001). Периодичность главных ледниковых событий и их корреляция с эндогенной активностью Земли, *Доклады АН*, т.378, №5, сс. 656–659.

Darvin, G. H. (1910) *Scientific Papers*, V.III. Cambrige.

Hartman, W. K., Davis, D. R. (1975). Satellite-sized planetesimals and lunar origin, *Icarus*, v.24, p. 504–515.

Shaded relief map of Mars (1972) 1:25000000.