

**НОВОЕ О РОЛИ МЕТЕОРИТНО-АСТЕРОИДНОЙ БОМБАРДИРОВКИ
В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ****В. И. Сиротин***Воронежский государственный университет*

На основе данных сравнительной планетологии в истории Земли выделено девять этапов, подтвержденных усилением астероидно-метеоритной бомбардировки.

Ключевые слова: метеориты, астероиды, планеты, импакты, рифты.

В подавляющем количестве публикаций по сравнительной планетологии кратерированные поверхности Луны, Меркурия и Марса признаются результатом метеоритной (импактной) бомбардировки [1, 4, 10, 11]. Для Луны выделяется пять периодов (систем) формирования кратерированной поверхности: 1) донектарисовая (4,5–3,92 млрд лет), 2) нектарисовая (3,92–3,85 млрд лет), 3) имбрианская (3,85–3,15 млрд лет), 4) эратосфенская (3,15–1,0 млрд лет), 5) коперниканская (1,0 млрд лет до ныне) [10, 11]. Предполагается, что бомбардировка имела неравномерный характер, т. е. имели место эпохи активизации и затихания в доставке импактов. Для Меркурия, вероятно, будут выделены также периоды кратерирования, пока же известны более молодые сильно кратерированные и более древние менее кратерированные (гладкие равнины с погребенными кратерами-фантомами) местности [2]. Знаменитый бассейн Калорис на Меркурии диаметром 1340 км имеет возраст 3,85 млрд лет, что хорошо согласуется с возрастом бассейнов Имбриум и Ориентел на Луне [10]. Для Луны, Земли и других внутренних планет предполагается заметное ослабление в доставке метеоритного материала в коперниканский период. Образование импактных кольцевых структур на Луне явилось спусковым механизмом для последующего заполнения их (с отставанием в несколько десятков млн лет) лавовыми покровами базальтов. На всех внутренних планетах отмечен, наряду с площадным, вулканизм центрального типа: знаменитые щитовые вулканы Марса (Олимп, Арсия, Аскрийя, Павлина, Альба), открытый в конце января 2008 года американским космическим аппаратом гигантский вулкан на Меркурии с диаметром основания примерно в 600 км, вулканы Венеры [6, 9].

© Сиротин В. И., 2008

Было проведено детальное изучение топографии и морфологии рифтовых зон двух регионов Венеры-Регио, Атла-Регио и Бета-Феба. Оба региона расположены в экваториальной зоне Венеры, но достаточно удалены друг от друга (первый имеет примерные координаты 0–10° с. ш. и 190–210° з. д., второй — 10–20° с. ш. и 260–270° з. д.). Намечается тройное сочленение ветвей рифтовых зон, столь характерное для земных аналогичных зон. Была установлена глобальная система венерианских рифтов общей протяженностью 40000 км, разделенных на возрастные группы и далее внутри групп также разбраканных по возрасту. Выяснилось, что самые молодые рифты приурочены к экваториальной зоне и хорошо коррелируются с положительными аномалиями венерианской фигуры («геоида»). Топографически они представляют глубокие долины с поднятыми флангами (крыльями). Были построены многочисленные профили, в результате оценена как амплитуда рельефа, так (что особенно важно) и величина горизонтального перемещения литосферы в рифтовых зонах. Для Атлы-Регио были получены следующие характеристики рифтов: ширина — от 230 км до 470 км, а глубина от поднятых флангов — от 1,5 км до 7,0 км (восточное крыло выше западного). Для Бета-Феба были получены примерно те же характеристики, однако в этой зоне чаще западное крыло оказывалось выше восточного. Примечательно, что точки тройного сочленения находятся на возвышении местного рельефа. Горизонтальное перемещение в зонах рифтов составило 2,3–7,7 км. Данные по этим рифтам хорошо коррелируются с параметрами, характерными для Восточно-Африканских разломов. Единичные профили (для Бета-Феба) показали отсутствие каньона: система трещин располагается на возвышении, что можно интерпретировать как начальную стадию рифтообразования.

Вулканическая деятельность связана с эволюцией самих планет (внутренние факторы), но опосредованно и на нее может влиять метеоритно-астероидная бомбардировка (внешние космические факторы). Таким образом, следует различать вулканизм импактный и вулканизм, вытекающий из тепловой истории планеты, механизма выделения, накопления и потери тепла. Земля теряет тепло в зонах спрединга, субдукции, коллизии, а также путем кондукции на обширных площадях древних платформ и прилегающих участков шельфа, континентального склона и в ложе Мирового океана с системой трансформных разломов. Эта организованная система отдачи тепла предохраняет Землю от перегрева и расплавления [10, 11].

За все геологическое время на Земле сохранилось доныне около 150 импактов-кратеров. Распространены они чрезвычайно неравномерно, большая их часть приходится на Северную Америку, Европу и Австралию. Самый юный кратер-импакт Земли находится в штате Аризона (США). Возраст его оценивается в 50 000 лет, диаметр — около 1,2 км, а глубина — около 200 м. Эти данные говорят о том, что астероидно-метеоритная бомбардировка, хотя и убывала со временем, продолжалась в течение всей геологической истории и имела пульсационно-прерывистый характер. Подтверждением этого явились данные, приведенные группой американских ученых на международном симпозиуме по сравнительной планетологии в г. Москве в октябре 2007 года по результатам исследования кратерированной поверхности долины Мангала на Марсе [5] на площади, ограниченной 12° – $19,6^{\circ}$ южной широты и $148,7^{\circ}$ – $150,7^{\circ}$ западной долготы. Подсчет кратеров осуществлялся с учетом геологической истории долины Мангала, в течение которой сформировались разноуровневые (и следовательно, разновозрастные) террасы под влиянием периодически возникающей водной эрозии. В свою очередь, водные потоки появлялись под влиянием резкого усиления бомбардировки поверхности, приуроченной к рубежам 3,5; 1,0; 0,4–0,5 и 0,2 млрд лет. Возможно, в будущем будут установлены и другие рубежи (например, 2,6 млрд лет, 1,65 млрд лет). Таким образом, с учетом суммирования всех известных данных по астероидно-метеоритной бомбардировке, можно выделить в истории Земли:

1) этап «горячей Земли»: 4,55–4,45 млрд лет; в ходе набора Землей массы в результате метеоритно-астероидной аккреции примерно на 99,9% произошла ее дифференциация на ядро, мантию и первичную

земную кору. Наблюдалась интенсивная метеоритная бомбардировка поверхности Земли, в том числе вполне вероятное столкновение Земли с объектом размером с Марс, что породило образование Луны (по катастрофическому сценарию) [8, 10, 11];

2) этап охлаждающейся («теплой», «прохладной») Земли: 4,45–4,20 млрд лет (доархейская эра), характеризуется отсутствием интенсивной бомбардировки, интенсивным вулканизмом на Земле, Луне (завершение формирования аортозитовой коры, в том числе ферроанортозитов, Mg-комплекса, KREEP-ассоциации). Аналогичные процессы со своей спецификой происходили на Меркурии, Венере и Марсе [7, 11];

3) этап интенсивной бомбардировки планет астероидно-метеоритными телами: 4,20–3,85 млрд лет. Кратерированные поверхности Луны, Меркурия и Марса созданы в основном в течение этого этапа;

4) этап бомбардировки у рубежа 3,5 млрд лет хорошо согласуется с началом архейской эры;

5) этап возможной бомбардировки у рубежа 2,6 млрд лет (?);

6) этап бомбардировки у рубежа 1 млрд лет (верхний протерозой, рифей);

7) этап бомбардировки у рубежа 0,5–0,4 млрд лет (начало фанерозойской эры) подтверждается геологическими данными, например многочисленными находками метеоритов в кембрийских известняках Швеции, анализ этих известняков привел к выводу, что количество поступающих метеоритов было в 100 раз больше, чем в настоящее время;

8) этап бомбардировки у рубежа 0,2 млрд лет (начало мезозоя);

9) этап бомбардировки у рубежа 65 млн лет (начало кайнозоя).

Такое совпадение с периодизацией геологической истории, безусловно, не является случайным — оно свидетельствует об активном влиянии бомбардировки на все геодинамические процессы на Земле, в том числе и на эволюцию жизни.

Осмысливая динамическую природу тектоники литосферных плит, мантийных плюмов и горячих точек, разрушительную деятельность эрозионных процессов, уничтоживших информацию о ранней истории Земли, мы приходим к пониманию того, что Земля это не изолированная система, а сестра в семействе земных планет, разделившая вместе с ними многие события из их истории, наиболее существенным из которых является астероидно-метеоритная бомбардировка.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Garrels P. M.* Эволюция осадочных пород / Р. М. Гаррелс, Ф. Г. Макензи. — М. : Мир, 1974. — 271 с.
2. *Очерки сравнительной планетологии.* — М. : Наука, 1981. — 326 с.
3. Ранняя история Земли / под ред. Б. Уиндли ; пер. А. К. Запольновой, Е. И. Кравцовой, А. П. Платуновой и А. В. Сочавы ; под ред. К. О. Кратца. — М. : Мир, 1980. — 624 с.
4. *Хаин В.Е.* Основные проблемы современной геологии (геология на пороге XXI века). — М. : Наука, 1994. — 190 с.
5. *Basilevsky A. T., Neukum G., Werner S., van Gasselt S., Dumke A., Kneissl T., Rommel D., Wendt L., Wolf U., Zuschneid W., Head J.W.* Geologic history of Mangala valles, Mars, from geologic analysis and crater counts. Abstract Vernadsky-Brown «Microsymposium 46» (2–3 October 2007, Moscow, Russia).
6. *Guseva E.N.* Detailed study tonography and morphology and estimates of total horizontal extension of rift zones of Alta and Beta-Phoebe regions, Venus. Abstract Vernadsky-Brown «Microsymposium 46» (2–3 October 2007, Russia).
7. *John W Valley, William H. Peck, Elizabeth M. King, Simon A. Wilde.* A cool early Earth. *Geology*, 2002. — V. 30. — no. 4. — P. 351–354.
8. *Hartman William K.* A Brif History of the Moon // *The planetary report*, 1997. — V. 17. — № 5. — P. 5–11.
9. *Hurwitz D. M. and Head J. W.* Surface features in Snegurochka Planitia (V 1) and Their implications for mantee evolution on Venus. Abstract Vernadsky-Brown «Microsymposium 46» (2–3 October 2007, Moscow, Russia).
10. *New the solar System.* — Cambridge : Cambridge university press, 1999. — 421 p.
11. *Sirotnin V. I.* To the problem of prearchean history of the Earth (on the basis of comarative planetology data). Abstract Vernadsky-Brown «Microsymposium 46» (2–3 October 2007, Moskow, Russia).