

Анатолий Головатый

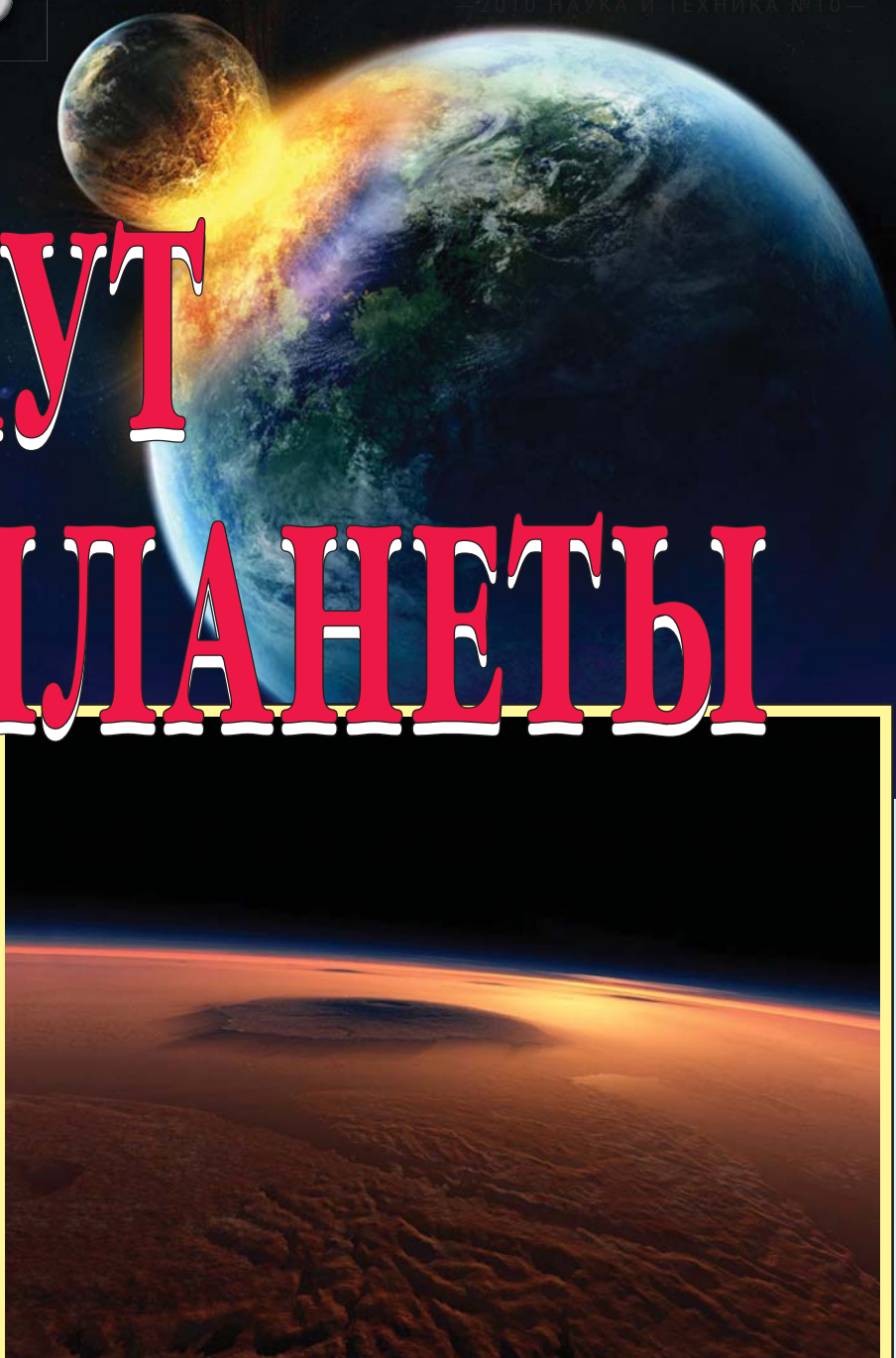
НОКАУТ ДЛЯ ПЛАНЕТЫ

В своей ранней молодости Марс, похоже, подвергся удару, навсегда изменившему облик планеты. Объект размером с Плутон врезался в планету с севера, разделив ее на две половины — низкий север и высокий юг. Крупнейший кратер Солнечной системы сохранился до наших дней.

Считается, что около 4 миллиардов лет назад, когда Земля была, по астрономическим меркам, еще очень молодой, в нее врезался гигантский объект размером с Марс, практически полностью растопив земную кору и выбросив в окружающее пространство большое количество вещества, из которого впоследствии сформировался наш естественный спутник — Луна. Хотя ударил Землю не сам Марс, а просто похожий на него размерами объект, теперь нам должно стать не так обидно: и Марсу в его молодости пришлось не сладко. Удар огромного тела размером с Плутон изменил всю дальнейшую судьбу соседней с нами планеты, навсегда разделив Марс на непохожие друг на друга северную и южную половинки.

Дихотомия марсианских полушфер известна астрономам уже давно. Южные районы Марса покрыты многочисленными горными массивами, хребтами и полуразрушенными древними кратерами. В то же время северные области представляют собой более или менее пологое «море», в котором практически отсутствуют детали такого рода за одним, но весьма примечательным исключением — вулканическим районом Тарсис, или Фарсида, равного которому нет во всей Солнечной системе.

В среднем северное полушарие Марса на 4 км ниже южного, а местами ниже и на 8 км. С отправкой к Марсу исследовательских космических аппаратов, которые смогли точно промерить гравитационное поле планеты, стало ясно, что и сама планетарная кора на севере на 25 км тоньше, чем на юге. Из-за этого,



Вулкан Олимп на Марсе.

Его высота по отношению к основанию - 27 километров. А ширина от одного края до другого... 540 километров. Размеры же вулканической кальдеры - примерно 80 на 65 километров, при глубине свыше 3 километров. Последнее извержение этого вулкана произошло приблизительно 2 миллиона лет назад

собственно, северное полушарие и ниже: кора плавает в мантии планеты, а архимедова сила, действующая на большей глубине под южной корой, перебарывает силу, держащую на плаву более легкую северную кору.

Планетологи пока догадались всего до двух возможных причин такого разделения: они могут быть внутренними и внешними. Первый вариант, пока практически не проработанный, предполагает, что каким-то образом так сложились геологические процессы в ранней истории Марса, что могучие, аналоги земных континентальных, литосферные плиты все скопились в южном полушарии, вытеснив «океан» на север. В принципе, ничего невероятного в этом сценарии нет: на Земле, например, еще совсем недавно, по геологическим меркам, вся континентальная масса была объединена в суперматерик Пангею, и

такое объединение могло происходить не раз в истории Земли. Возможно, Марс просто «застыл» в таком положении, уверены сторонники «внутренней» версии.

Вторая теория предполагает, что «северный бассейн» (Basin Borealis), по сути, представляет собой гигантский ударный кратер, которому несколько миллиардов лет.

Предполагалось, что в месте удара древняя кора расплавилась и нынешняя поверхность представляет второе поколение марсианской коры в отличие от первого, сохранившегося на юге. Возраст того или иного участка поверхности Марса, лишённого плотной атмосферы, несложно определить по внешнему виду и плотности кратеров, появившихся на каждом участке с момента образования до наших дней. Этот тест показывал, что север и впрямь немного моложе юга.

Ударную гипотезу обычно связывают с именами ныне полных профессоров Дона Уилхелмса и Стивена Сквайриза (имя последнего не зря кажется знакомым — именно он руководит программой научной работы американских марсоходов Spirit и Opportunity). Однако, по признанию самого Сквайриза, когда в середине 1980-х годов они высказали ударную гипотезу, это было не более чем ощущение, интуиция, основанная на немалом опыте исследования ударных кратеров на Земле и на других планетах; никаких вычислений американцы не проводили.

У ударной гипотезы нашлось немало противников, контраргументы которых сводились к двум основным положениям.

Во-первых, форма «кратера» далека от круглой или эллиптической — вместо этого он напоминает гигантскую «запятую» вокруг северного полюса Марса.

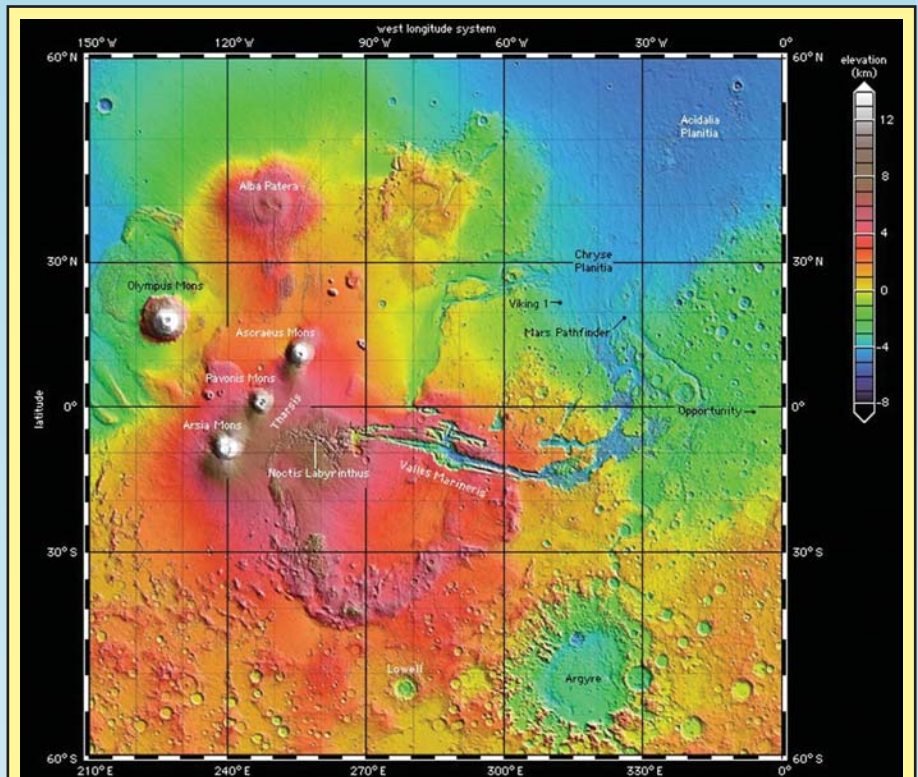
А во-вторых, грандиозный удар, который оставил по себе воронку диаметром 10 тысяч километров, наверняка расплавил бы марсианскую кору не только в месте удара, но и по всей поверхности планеты. Примерно так, скорее всего, происходили события на Земле, когда образовывалась Луна, потому об этом событии не осталось геологических свидетельств (иногда указывают на Тихий океан, но эта версия сомнительна по многим причинам).

Однако как сторонники, так и противники ударной гипотезы, по большому счету, вели безосновательный, а потому весьма вялый спор.

Теперь у противников ударной гипотезы отобрали их основные аргументы.

Это не значит, что ударная теория подтверждена, а внутренняя опровергнута, так как последняя от контраргументов к первой не зависит. Однако ударная теория теперь является куда более проработанной, чем ее конкурентка. Используя спортивную аналогию, можно сказать, что ударная теория перешла в другую весовую категорию и, чтобы тягаться с ней, гипотезе внутренних причин придется поднабрать научного веса.

В последнем номере Nature появились сразу три статьи,



Тарсис, или Фарсида — регион Марса, представляющий собой огромное вулканическое нагорье в области к западу от Долины Маринера в районе экватора.

В регионе выделяют купол или плато Тарсис (Tharsis Bulge), а также впадину Тарсис, которая частично окружает купол. Разница высот без учета вулканов составляет 10 км. Площадь плато — 30 млн. км². Предположительно Тарсис образовалась в результате поднятия магмы, подобно формированию архипелага Гавайских островов.

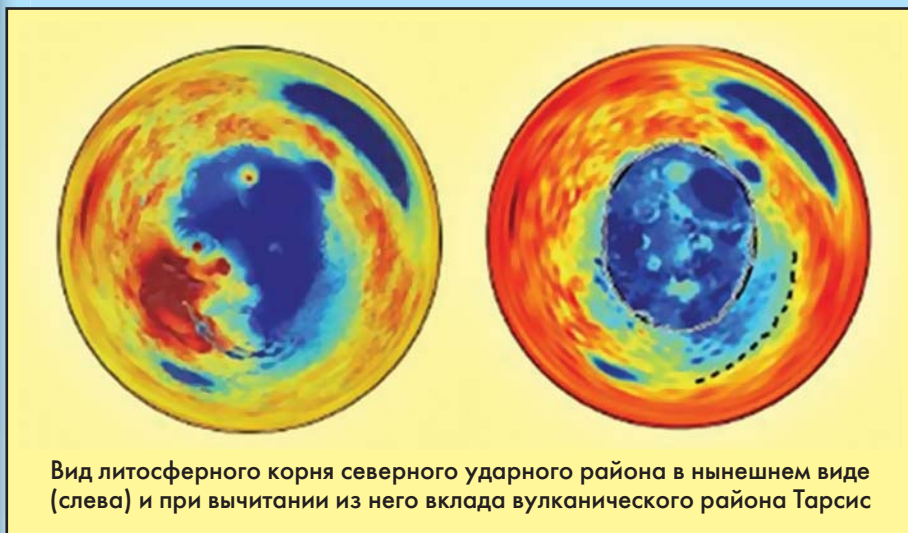
На плато расположены крупнейшие в Солнечной системе вулканы (потухшие) — Олимп, Аскреус (или Аскрийская гора), Павонис (или Павлин), Арсия, все вместе также известные как «Горы Тарсис». Здесь же находится уникальный «плоский» вулкан Альба. По-видимому, он извергал очень жидкую лаву, которая широко растекалась и сформировала не гору, а относительно «плоскую» возвышенность со слабыми уклонами.

Купол Тарсис, благодаря своим огромным размерам, оказывает заметное воздействие на геологию всего Марса. На противоположной стороне планеты расположен меньший купол Аравия, который мог сформироваться в результате гравитационного воздействия Тарсис (подобно тому, как воздействие Луны приводит к приливам на противоположной стороне Земли).

В результате выхода магмы в районе Тарсис в атмосферу должны были выбрасываться большие количества углекислого газа и водяного пара. По одной из оценок, такого количества должно было хватить на формирование атмосферы с давлением 1,5 бара и глобального слоя воды толщиной 150 метров. Это говорит в пользу гипотезы «влажного и теплого Марса» в ранний период его истории

посвященные детальной проработке ударной гипотезы. Две из них описывают результаты компьютерного моделирования удара, который мог оставить на поверхности Марса такой след, который был бы похож на то, что мы видим. Третья же основана на экспериментальных данных, собранных в последние годы обращающимися вокруг Марса космическими станциями Mars Reconnaissance Orbiter и Mars Global Surveyor, и достаточно убедительно опровергает возражения против ударной гипотезы, основанные на форме «кратера».

Джеффри Эндрюс-Ханна и его коллеги из Массачусетского технологического института (MIT) и Лаборатории реактивного



Вид литосферного корня северного ударного района в нынешнем виде (слева) и при вычитании из него вклада вулканического района Тарсис

движения при Калифорнийском технологическом (Калтехе) смогли показать, что если исключить из рассмотрения вулканический Тарсис, находящийся прямо на краю северного бассейна, то район с необычно тонкой корой оказывается практически идеальным эллипсом.

Чтобы отличить, где под Тарсисом заканчивается тонкая кора и где начинается толстая, ученые воспользовались тем обстоятельством, что Марс со времени своего образования (после быстрого распада основных радиоактивных элементов в первые десятки миллионов лет) непрерывно остывает, а значит, толщина наружной, упругой литосферы со временем увеличивается. Ученые предположили, что Тарсис держится силой упругости прогнувшихся под его весом нижних слоев литосферы, оставшихся еще со времени образования тонкой и толстой коры; молодость вулканического района относительно древних северной и южной половинок также можно определить по покрытию его кратерами.

Объединив данные с точных спутниковых высотометров и гравиметров, измеряющих местную напряженность поля тяготения, ученые с помощью математики смогли «углубиться» более чем на 100 км под поверхность Марса и показать, где проходит граница между тонкой и толстой корой. Эта граница плавно продолжает внешнюю, образуя ровный эллипс размером примерно 8 500 км на 10 600 км (с точностью до нескольких сот километров). Кроме того, ученые заметили, что очерченная горной цепью южная граница района Arabia Terra напоминает протяженный сектор вторичного вала, часто образующегося из вещества, выброшенного из основного кратера при ударе; впрочем, это наблюдение существенно более спекулятивное.

Вопрос о возможности расплавить кору в одном полушарии Марса, не затронув другое, изучен в паре модельных работ, сопровождающих работу Эндрю-Ханны. Фрэнсис Ниммо и его коллеги из Университета Калифорнии в Санта-Крузе и лондонского Университета имени королевы Марии провели моделирование удара крупного тела по молодому Марсу. Их компьютерная модель обладает хорошим пространственным разрешением (элемент разрешения около 25 км), но у нее есть один существенный недостаток: обсчет ведется в двух измерениях, что позволяет изучить лишь очень симметричные удары, приходящиеся точно вертикально по поверхности планеты.

По результатам Ниммо, удар, породивший северный бассейн, был настолько силен, что пробил не только кору и мантию Марса, но даже затронул его ядро.

Энергия удара составила около сотни триллионов мегатонн

в тротиловом эквиваленте, что в триллионы раз больше, чем энергия взрывов самых мощных водородных бомб, когда-либо испытанных человечеством.

При этом расчеты показывают, что кора с обратной стороны планеты вполне могла уцелеть и сейчас ее покрывает вещество, выброшенное на поверхность при ударе. По мнению ученых, удар должен был произойти в первые 100 миллионов лет после образования планеты — примерно в то же время, когда Землю ударил объект, породивший в итоге Луну. Правда, двумерное моделирование позволяет получить в итоге лишь идеально круглый кратер: «астероид-убийца» из соображений цилиндрической симметрии, которую принимают для расчетов, должен падать сверху.



Модель выброса вещества из коры и мантии Марса при ударе крупного небесного тела

Маргарита Маринова и ее коллеги из Калтехе и Университета Калифорнии в Сан-Диего в дополнение к этому провели трехмерное моделирование удара. За трехмерность модели пришлось заплатить примерно впятеро меньшим пространственным разрешением, которое даже меньше толщины всей коры. Зато удалось просчитать различные варианты ударов, в том числе и удар под углом к отвесной линии.

По мнению Мариновой, лучше всего подходит вариант, при котором объект размером от 1 600 км до 2 700 км врезался в Марс под углом от 30° до 60° (к горизонту или к отвесной линии — здесь все равно).

Этот удар, безусловно, изменил всю дальнейшую судьбу планеты. Из-за меньшей высоты северного полушария там до сих пор больше давление, сильнее ветра и вызванные ими пылевые бури, которые разносят верхние слои грунта по всей планете. Зато подъем южного полушария означает, что потоки жидкой воды, если она когда-либо существовала на Марсе, преимущественно стекали в сторону северного полушария. Возможно, благодаря, в частности, и этому находящемуся у северного полюса Марса аппарату Phoenix удалось наконец прикоснуться к марсианской воде.

