

Красная планета в 3D: гипсометрический глобус Марса

Ю.А.Бреховских, Ж.Ф.Родионова

Глобусы Земли и других планет, наглядные, дающие полный обзор, правильно передающие формы, размеры и взаимное положение объектов, широко используются для публичных демонстраций и научных исследований. Здесь мы видим непрерывное изображение, которое не искажено картографической проекцией, как на картах. С развитием космонавтики глобусы стали применять и в пилотируемых космических кораблях [1]. Гипсометрический глобус геометрически точно представляет рельеф поверхности с помощью линий одинаковой высоты (горизонталей) и раскраски высотных ступеней по определенной цветовой шкале.

От эскизов к портрету

Создавать карты и глобусы небесных тел имеет смысл только в том случае, если изображение их поверхности долгое время сохраняет свой вид. Очевидно, это не так у газовых планет-гигантов — Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Облачный рисунок их атмосферы постоянно меняется, а их твердую поверхность, даже если она существует, увидеть никогда не удастся. Поэтому космическая картография занимается планетами земного типа, спутниками планет и астероидами, т.е. объектами, чью поверхность можно наблюдать с помощью оптических приборов или ра-



Юлия Анатольевна Бреховских, ведущий инженер отдела физики планет Института космических исследований РАН. Занимается изучением Марса и Венеры. Составила гипсометрические карты этих планет по данным космических съемок.

Жанна Федоровна Родионова, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник отдела исследований Луны и планет Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова (ГАИШ). Область научных интересов — картографирование планет и спутников Солнечной системы, морфометрия и сравнительная планетология. Член Международного астрономического союза (МАС), член рабочей комиссии МАС по наименованиям на Меркурии.

диолокаторов, как в случае Венеры с ее плотной атмосферой. Уже созданы и широко используются для научных и просветительских целей глобусы Луны, Венеры, Марса, а также его спутников — Фобоса и Деймоса. В основном это достижения последних десятилетий. А почему астрономы не могли сделать их раньше?

Карты и глобусы, изготовленные до космической эры (т.е. до начала 1960-х годов), отражали возможности наблюдения небесных тел в телескоп. Для близкой к нам Луны эти возможности велики. Еще сотни лет назад астрономы весьма точно описали детали рельефа ее поверхности — высоту гор и глубину долин, измеряя длину отбрасываемых ими теней. Дело в том, что в течение месяца по мере смены лунных фаз все области лунного диска проходят через терминатор — границу дня и ночи. Вблизи терминатора в лучах

низкого солнца даже небольшие неровности рельефа отбрасывают длинные тени (рис.1). Перепады высот на планетах и их спутниках обычно составляют не более 10 км (известный максимум — 30 км), но длина теней при низком солнце достигает 50—80 км. Поэтому тени гор на Луне заметны без труда и легко измеряются, ведь при нормальных условиях наблюдения в телескоп (угловое разрешение около 1") на Луне видны детали размером от 1 км.

Однако применять этот метод при наблюдении планет невозможно. Возьмем в качестве примера Марс. Даже в эпохи великих противостояний он в 160 раз дальше Луны, поэтому на его поверхности астрономы не различали деталей мельче 200 км. К тому же во время противостояния Марс с точки зрения земного наблюдателя освещен «в лоб», как Луна в полнолуние, поэтому теней на нем мы вообще не видим. В другие эпохи, когда солнечные лучи падают на Марс не со стороны Земли, а немного сбоку, Красная планета удалена от нас еще больше. Вот почему тени на Марсе в телескоп не видны, и до эпохи космических полетов мы о рельефе его поверхности ничего не знали. Поэтому на старых картах и глобусах Марса изображены только детали альбедо (показателя отражения поверхности), т.е. темные и светлые области поверхности размером не менее 200 км.

На самых старых зарисовках Марса, выполненных в Нидерландах Х.Гюйгенсом в 1659—1672 гг., в Англии В.Гершелем в 1777—1783 гг. и в Германии И.Шрётером в 1783—1805 гг., темным и светлым деталям поверхности Красной планеты не были присвоены названия. Только в 1830 г. составители карты Марса В.Бер и Г.Медлер (Германия) использовали для обозначения деталей альбедо буквы латинского алфавита. Потом на марсианских картах появились наименования, причем разные авторы давали имена несогласованно, по своему разумению [2].

Первые глобусы Марса изготавливались в единичных экземплярах, обычно из гипса, и разрисовывались вручную. Например, в кембриджском Музее истории науки хранится глобус Х.Баска диаметром 23 см, сделанный в марте 1873 г. Указанные на нем названия темных и светлых деталей предложил английский астроном Р.Э.Проктор, член Королевского астрономического общества (Лондон). В 1867 г. он составил карту поверхности Марса и довольно точно для своего времени определил период вращения планеты. Особенно интересовался Марсом известный французский астроном К.Фламарион, который систематизировал все известные наблюдения начиная с 1636 г. Фламарион первым, в 1876 г., обратил внимание на изменение внешнего вида темных областей на Марсе, которое он счел свидетельством сезонной смены растительного покрова. Именно это вдохновило выдающегося итальянского астронома Дж.Скиапарелли на тщательное изучение плане-

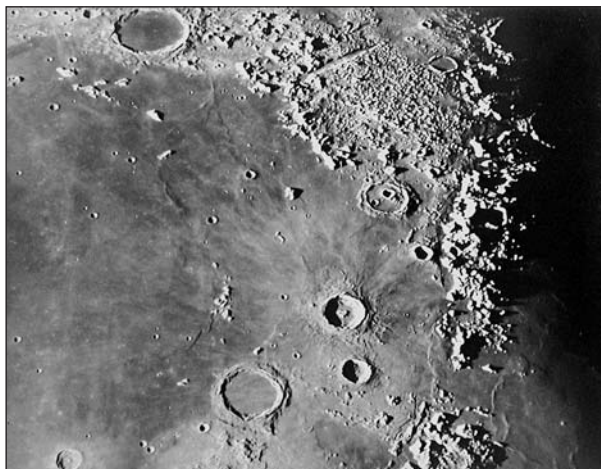


Рис.1. Снимок лунного Моря Дождей, окаймленного горами Альпы, Кавказ, Апеннины. В центре снимка хорошо видна тень от пика Питон протяженностью 25 км и высотой 2.3 км.

ты. В 1884 г. Фламарион выпустил первый глобус Марса из наклеенных на сферу сегментов, изображавших светлые континенты и темные моря. Диаметр глобуса составлял всего 11 см. Созданные им впоследствии совместно со своим учеником, выдающимся наблюдателем Э.Антониади, глобусы Красной планеты были крупнее — от 14 до 30.5 см в диаметре. В последнем случае 1 мм на глобусе соответствовал 22 км на поверхности планеты.

Интересно, что Скиапарелли в 1859—1860 гг. работал в Пулковской обсерватории под руководством ее директора О.В.Струве, а в 1874 г. был избран членом-корреспондентом Санкт-Петербургской академии наук. Главным образом он наблюдал двойные звезды, метеоры, солнечные затмения. Однако прославился Скиапарелли своими зарисовками поверхности Марса. Во время противостояний 1877 и 1879 гг. он обнаружил прямые линии на поверхности Марса, которые назвал итальянским словом *canali*, что означает «протоки естественного или искусственного происхождения». При переводе его работ на английский язык использовалось слово *canals*, употребляющееся для рукотворных каналов. Скорее всего, из-за неточности перевода впоследствии и получила распространение точка зрения об искусственном происхождении «каналов» и существовании на Марсе цивилизации. Сам ученый считал эту идею необоснованной. Темные и светлые детали поверхности Марса он обозначил разными терминами: *море, залив, озеро, болото, низина, мыс, пролив, источник, область*, а названия для них были взяты с древних карт Земли или из мифологии. Частично эти названия используются и на современных картах. Из опубликованной недавно В.К.Абалакиным [3] переписки Струве и Скиапарелли выяснилось, что Отто Васильевич принимал непосредственное участие в создании номен-

клатуры Марса. Поскольку этот факт очень важен для истории и мало кому известен, приведем выдержки из этой переписки.

О.В.Струве — Дж.В.Скиапарелли
28 ноября 1877 г. Пулково

...Я полностью одобряю Ваше предложение, чтобы Астрономическое общество стало, в известной степени, крестным отцом номенклатуры пятен, четко различаемых на Марсе, и охотно готов направить это предложение президиуму. Для этого, конечно, было бы желательно, чтобы мы также сейчас же могли сделать определенное предложение, и сформулировать таковое, конечно, никто не был бы вправе и более квалифицирован, чем Вы. Использовать просто числа и буквы было бы здесь недостаточно, так как они менее запечатлеваются в памяти, чем имена. Богов, богинь, полубожеств сейчас уже достаточно на небе, астрономов — на Луне. Не понравятся ли Вам, позвольте предложить, греческие философы или, поскольку речь идет как раз о Марсе, греческие и троянские герои из «Илиады»? Греческие, поскольку они жили на кораблях, могли бы быть помещены на морях, герои Трои — на предполагаемой твердой земле... (с.103).*

Дж.В.Скиапарелли — О.В.Струве
4 января 1878 г. Милан

...Если я и посылаю Вам эти названия, то лишь затем, чтобы показать, что я почти следовал Вашей идее брать имена из «Илиады» — Вы найдете даже имена рек Илионских. Однако я готов принять любую номенклатуру, которая будет в свое время одобрена Астрономическим обществом. Было бы хорошо, если бы некий эрудит, обладающий эстетическим вкусом, пожелал бы заняться приведением всего этого в порядок надлежащим образом... (с.105—106).

О.В.Струве — Дж.В.Скиапарелли
12 июня 1878 г. Пулково

*...Действительно, что могло бы быть более подходящим, чем перенесение на Марс мифологических обозначений ранних времен географической науки в момент, когда ареография** находится на той же ступени своего развития, что и некогда география древних греков. Если бы я должен был внести поправки, то я предложил бы Вам примерно следующее: принимая во внимание, что со временем Вами будет, вероятно, еще открыто и обозначено значительное число деталей, Вы могли бы уже сегодня дать надежно ус-*

тановленным и уточненным деталям [поверхности Марса] названия стран и морей на Средиземном море, известные, конечно, также и древним грекам, а мифологические имена присвоить главным образом далеко лежащим от центральной области пятнам, очертания которых Вами, в известной степени лишь угадываются... (с.109).

Из писем также становится ясно, что к картам Марса, составленным Проктором и Фламарионом, Скиапарелли относился с недоверием, возможно потому, что у Проктора каналов не было вовсе, а у Фламариона их было мало. Многие астрономы вообще не видели каналов, как например, Н.Грин или ученик Фламариона Э.Антониади, создавший очень подробные карты Марса. Зато на картах П.Ловелла, бизнесмена, дипломата, а впоследствии известного астронома, построившего прекрасную оборудованную обсерваторию во Флагстаффе (Аризона, США), можно видеть более 600 каналов (у Скиапарелли их было 113). Ловелл отдал исследованию марсианских каналов около 20 лет. Он был уверен, что именно на Марсе можно обнаружить еще один очаг разумной жизни в Солнечной системе. Но когда зонд «Маринер-9» в 1971—1972 гг. передал снимки всей поверхности Марса, стало ясно, что лишь небольшая часть этих каналов соответствует рифтовым долинам, системам хребтов, цепочкам кратеров и линейным альбедным деталям, а большая их часть не отвечает ни топографическим, ни альбедным особенностям поверхности планеты [4].

Многочисленные зарисовки Марса, выполненные Скиапарелли, отражены на многих глобусах: например, на глобусе диаметром 30.5 см видна система каналов, в том числе и двойных. Предполагается (поскольку автор неизвестен), что изображение составлено на основе наблюдений Скиапарелли во время противостояния 1881—1882 гг. [5]. В лондонском Музее науки представлен глобус диаметром 10 см (рис.2), созданный Л.Нейстеном в 1892 г. Названия деталей альбедо на нем взяты из работ Скиапарелли и Грина, причем авторство названий указано цветом.

Необычайно красивый глобус Марса был сделан в нескольких экземплярах в 1915 г. астрономом-любителем из Дании Э.И.Бран с помощью ручной раскраски: на шаре диаметром 20 см можно видеть множество каналов. На глобусах Марса, основанных на результатах наблюдений американского астронома Ловелла, также применялась ручная раскраска. На шаре диаметром 17 см использованы названия, предложенные Дж.Скиапарелли и Л.Бреннером. Один из последних «докосмических» глобусов Марса, созданный Дж.Россом, был выполнен по наблюдениям Ж.де Вокулёра в 1958 г. во Флагстаффе (США). Диаметр макета составляет уже знакомые нам 30.5 см [6], т.е. детали альбедо Марса показаны на нем в масштабе 1:22 176 000. Как ни странно, на нем нет каналов.

* Королевское астрономическое общество (Лондон).

** Ареография — раздел планетной астрономии, изучающий и описывающий детали, которые видны на поверхности Марса.

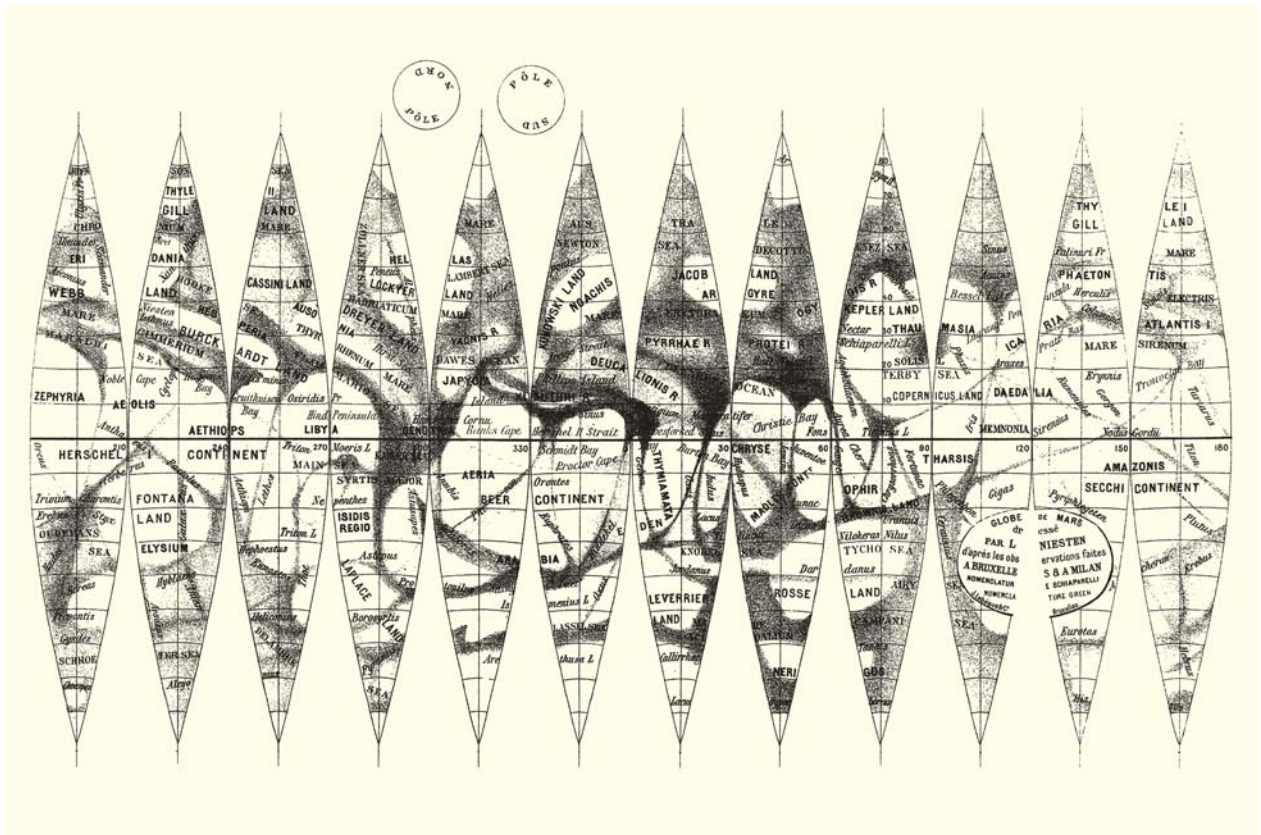


Рис.2. Сегменты глобуса Марса Л.Нейстена.

На всех глобусах Марса докосмического периода северный полюс планеты располагается внизу, а южный — наверху: такой вид планета имеет в окуляре телескопа. Нужно отметить, что даже в эпоху развитой фотографии карты планет составляли по зарисовкам, сделанным при визуальных наблюдениях, позволяющих в краткие моменты хорошего качества изображений замечать мелкие детали.

Значительно более крупные и подробные глобусы специалисты стали создавать после первой детальной съемки поверхности Марса орбитальным зондом «Маринер-9» (1971—1972). Отделение астрогеологии Геологической службы США (USGS) выпустило серию глобусов диаметром 40.6 см (1973) и 50.8 см (1978). В нескольких экземплярах существует даже макет диаметром 120 см. После съемки всей поверхности планеты орбитальными аппаратами «Викинг-1 и -2» (1976) появились еще более подробные глобусы.

Впервые измерить профиль высот на Марсе удалось с помощью лазерного альтиметра (высотомера) с борта спутника «Марс Глобал Сервейер» (НАСА, 1996—2006). По этим данным был создан топографический глобус планеты диаметром 30.5 см, на котором методом послойной окраски показаны разные высотные уровни. Но определить высоту какого-либо места на шаре мож-

но, лишь сопоставляя различные цвета со шкалой высот, размещенной в области экватора, что весьма непросто. Очень привлекательны американские рельефные глобусы, которые были сделаны специально для слабовидящих людей. На них можно ощутить рукой рельеф поверхности, поскольку вертикальный масштаб увеличен в 40 раз. Однако такие глобусы довольно дороги; видимо, поэтому их перестали выпускать. Крупнейшим из всех стал гелиевый глобус Марса диаметром около 3 м. Изображение поверхности планеты нанесено на специальном материале — чехле, который надувается гелием.

В нашей стране тоже были изготовлены глобусы Красной планеты. Используя методику проектирования картографических изображений на сферический экран, разработанную в Государственном астрономическом институте им.П.К.Штернберга МГУ, удалось перепроектировать в глобусную проекцию топографическую карту Марса масштаба 1:15 000 000, изданную USGS. Затем на производственном комбинате «Картография» подготовили оригиналы карты сегментов для этого глобуса. Художественное воспроизведение форм рельефа, выполненное В.Д.Стушновой, позволило передать трехмерное изображение поверхности планеты. На рис.3 показан участок поверхности в окрестностях горы Олимп с полутонного оригинала



Рис.3. Фрагмент оригинала глобуса Марса (ГАИШ, ПКО «Картография»).

данного макета. В 1991 г. на основе этих оригиналов был выпущен тиражом 10 000 экземпляров глобус Марса диаметром 26 см [5, 14] с названиями на русском языке. В приложенной к нему брошюре [7] указаны физические характеристики планеты, описаны климат, сезонные изменения, детали поверхности и другие особенности.

Оригинальный глобус Марса диаметром 30 см с внутренней подсветкой был выпущен в Центральном научно-исследовательском институте геодезии, аэрофотосъемки и картографии. Известны также глобусы планеты, изготовленные в Германии [5] и Венгрии в 2004—2009 гг., а также виртуальные макеты [8].

Как мы глобус создавали

Наш глобус Марса (рис.4) отличается от других тем, что на нем показаны высотные уровни поверхности планеты с помощью горизонталей и послойной раскраски согласно разработанной цветовой шкале. Подготовлен он на основе гипсо-

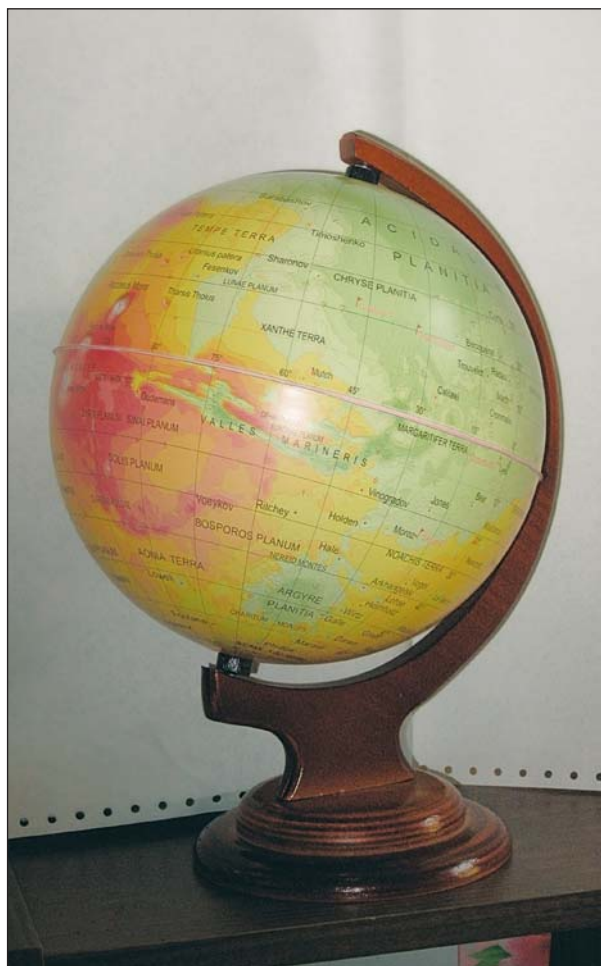


Рис.4. Гипсометрический глобус Марса.

метрической карты Марса масштаба 1:26 000 000, составленной в ГАИШ МГУ при участии кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ [9, 10]. Высоты на карте показаны по результатам альтиметрической съемки аппарата «Марс Глобал Сервейер». Высотные отметки отсчитывались от эквипотенциальной поверхности трехосного эллипсоида вращения [11]. Шкала высот содержит 21 ступень. До высоты 8 км сечение рельефа идет через 1 км, от 8 км до 12 км — через 2 км. Выше 12 км показана одна ступень, поскольку площадь, занятая этими высотами, незначительна.

Западное и восточное полушария гипсометрической карты Марса мы перепроектировали в северное и южное полушария в азимутальной проекции. Эта проекция, специально рассчитанная для глобуса масштаба 1:32 000 000, учитывает закон деформаций, которые происходят при производственном формовании глобуса (выдавливании полусфер) из плоского изображения карты. Превратить исходное картографическое изображение на плоскости в неискаженное изображение

на сфере данным способом можно только в том случае, если искажения длин по меридианам в исходной проекции будут постоянными и равными $m = 2/\pi$, а искажения длин по параллелям будут функцией широты вида $n = (\pi - 2\varphi)/(\pi \cos\varphi)$ [12]. Этому требованию как раз отвечает азимутальная равнопромежуточная проекция с плоскостью сечения, проходящей через центр Марса. Проекция имеет ортогональную сетку. Параллели изображаются равноотстоящими друг от друга концентрическими окружностями, а меридианы — пучком прямых, исходящих из центра окружностей. Гипсометрический глобус создан по технологии, разработанной в ЦНИИГАиК: используется термопластичный материал, на котором печатается карта двух полушарий — северного и южного. Затем лист с отпечатанным на нем изображением помещают в формовочное устройство и при высокой температуре с помощью равномерно нагретого металлического шаблона выдавливают полушару, по краю которой оставляют узкую полоску для склеивания полушар между собой.

Разумеется, при построении исходной плоской карты учитывалось то обстоятельство, что при формовании полушарий изображение растягивается более чем в полтора раза. Поскольку растяжение идет неравномерно, названия форм рельефа располагались параллельно экватору.

На рис.5 приведены карты северного и южного полушарий, на основе которых создан этот глобус. Картографическое изображение строилось с помощью пакета программ ArcGis10, и окончательно оформлялось в графическом редакторе Coral Draw. В ArcGis на базе данных ранее созданной гипсометрической карты были выполнены разбивка карты на южное и северное полушария и их перепроектирование в азимутальную проекцию, а также подго-

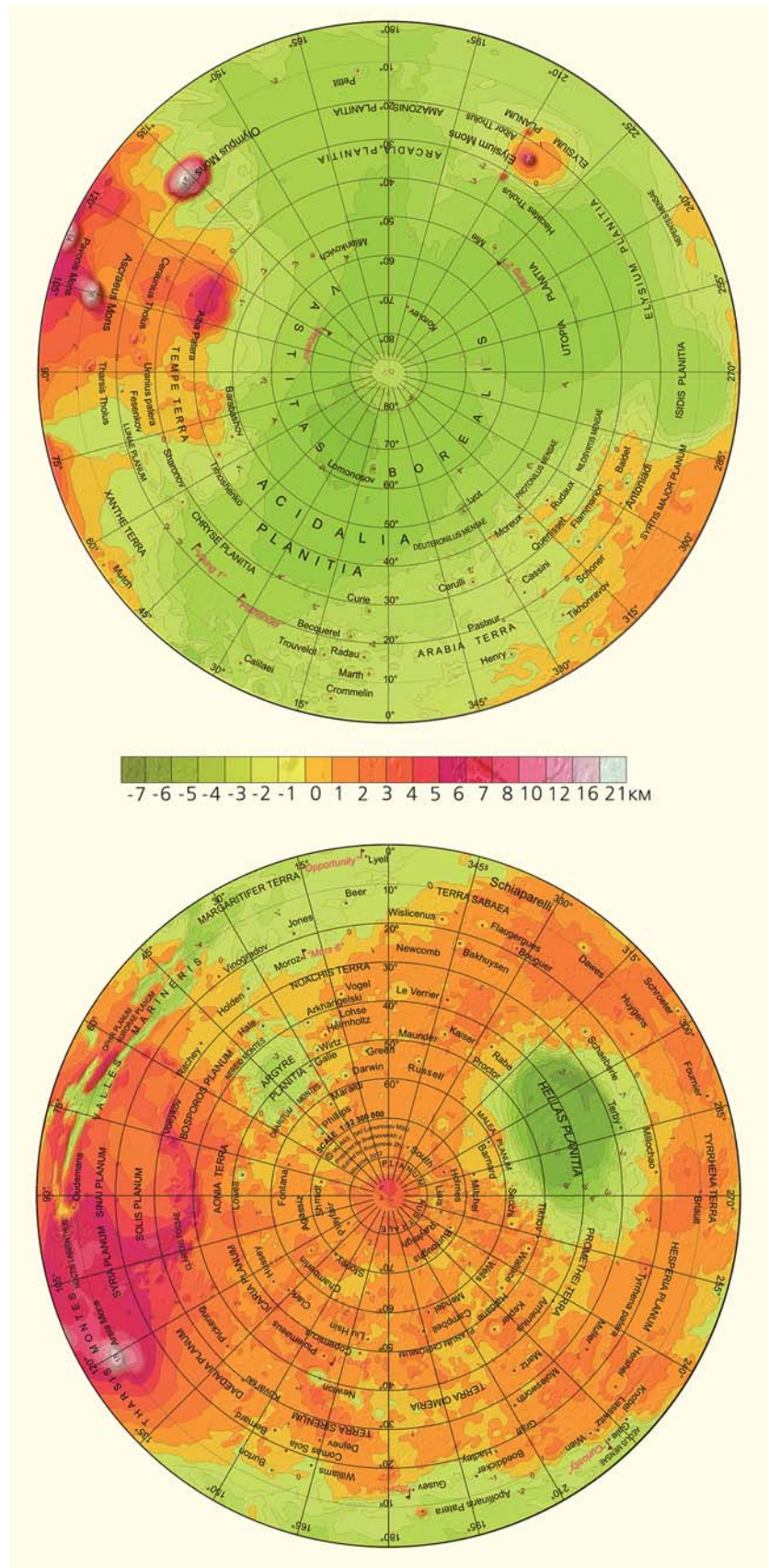


Рис.5. Карта северного (вверху) и южного полушарий для глобуса Марса.

товлена координатная сетка. Затем картографические изображения через формат EPS были перенесены в Coral Draw, где были вставлены подписи форм рельефа, картографической сетки и подготовлен макет для печати в соответствии с требованиями издательства. Оригиналы изображений полушарий дополнены светотеневой «отмывкой» рельефа, позволяющей показывать горы и впадины методом полутени. На глобусе подписаны значения высот самых крупных вулканов, а также места посадок космических аппаратов.

Гипсометрический глобус Марса диаметром 21 см выпущен небольшим тиражом в 2012 г. при финансовой поддержке Института космических исследований РАН. Названия деталей рельефа даны в латинском варианте*, принятом Международным астрономическим союзом. Планетоцентрическая долгота Марса измеряется от 0 до 360° к западу от нулевого меридиана, проходящего через маленький кратер Эйри-0 диаметром 0.5 км, который лежит на дне кратера Эйри диаметром 56 км. Кстати, этот «марсианский Гринвич» назван в честь английского астронома Дж.Эйри, директора Гринвичской обсерватории и члена-корреспондента Петербургской академии наук [13].

Марсианская топонимика

Поскольку на картах и глобусах Марса, изданных в конце XIX в., авторы присваивали одним и тем же деталям разные названия, МАС поручил Дж.де Моттони сравнить эти карты и подготовить но-

вую карту планеты, которая в 1958 г. была принята в качестве официальной [5]. В основном была использована система Скиапарелли, включающая древние географические названия и имена из древней мифологии. Космические снимки показали множество различных форм рельефа на поверхности планеты, которым также даны названия, предварительно утвержденные МАС. В табл.1 приведены термины, используемые для обозначения различных форм рельефа Марса, что поможет ориентироваться в названиях.

Поверхность Марса покрыта множеством кратеров, которые встречаются всюду. На равнинах кратеров гораздо меньше. Самую крупную возвышенную область назвали горами Фарсида (так на древних картах обозначался Иран), а огромную кольцевую депрессию на юге — равниной Эллада (Древняя Греция). Сильно кратерированные участки поверхности именуются землями: земля Прометея, земля Ноя и др. Долинам даются имена Красной планеты, придуманные разными народами (например, армяне зовут ее Храт). Меньшие по протяженности долины называют именами земных рек.

Марсианские кратеры отличаются от кратеров Луны и Меркурия меньшей глубиной и заметными следами ветровой и водной эрозии. Крупные кратеры носят имена ученых прошлого, внесших вклад в изучение Марса (этим была продолжена традиция астрономов XIX в.). Например, четыре крупнейших кратера диаметрами более 400 км названы в честь Х.Гюйгенса, Дж.Кассини, Дж.Скиапарелли и Э.Антониади — пионеров телескопических наблюдений Марса. Имя немецкого астронома Г.Мёллера, предложившего вести отсчет долгот

* <http://planetarynames.wr.usgs.gov>

Таблица 1
Формы рельефа, встречающиеся на Марсе

Термин		Характер рельефа
Латинский	Русский	
Catena	Цепочка	Цепочка кратеров
Cavus	Котловина	Крутосклонное понижение неправильной формы
Chaos	Хаос	Характерный район разрушенного рельефа
Chasma	Каньон	Глубокая крутосклонная линейная депрессия
Dorsum	Гряда	Линейная возвышенность неправильной формы
Fossa	Борозда	Длинная узкая неглубокая линейная депрессия
Labyrinthus	Лабиринт	Комплекс пересекающихся долин (каньонов)
Mensa	Столовая гора	Плосковершинная возвышенность с обрывистыми краями
Mons	Гора	Крупная возвышенность рельефа
Pateta	Патера	Кратер неправильной формы
Planitia	Равнина	Ровная низменная область
Planum	Плато	Ровная возвышенная область
Rupes	Уступ	Обрывообразная форма
Scopulus	Ступень	Сложный уступ нерегулярной формы
Sulcus	Рытвины	Сложный район субпараллельных борозд
Terra	Земля	Обширная возвышенность с пересеченным рельефом
Tholus	Купол	Отдельная небольшая куполовидная гора или холм
Vallis	Долина	Извилистая ложбина, часто имеет притоки

Таблица 2

Места мягких посадок космических аппаратов на Марсе

Название аппарата	Широта, °	Долгота, ° з.д.	Дата
Марс-3	44° ю.ш.	156°	2.12.1971
Викинг-1	22.5° с.ш.	48.2°	20.07.1976
Викинг-2	48.2° с.ш.	225.6°	3.09.1976
Пасфайндер	19.1° с.ш.	33.6°	4.07.1997
Спирит	14.6° ю.ш.	184.5°	4.01.2004
Оппортьюнити	1.9° ю.ш.	5.5°	25.01.2004
Феникс	68.2° с.ш.	125.6°	25.05.2008
Кьюриосити	4.5° ю.ш.	222.6°	6.08.2012

Таблица 3

Места неудачных посадок космических аппаратов на Марсе

Название аппарата	Широта, °	Долгота, ° з.д.	Дата
Марс-2	44.2° ю.ш.	313.2	27.11.1971
Марс-6*	23.9° ю.ш.	19.4	12.03.1974
Марс	—	—	декабрь 1999
Полар Лэндер	—	—	—
Бигль-2	10.6° с.ш.	270	25.12.2003

* Осуществил измерения при спуске.

на Марсе от четкой темной детали на экваторе планеты, присвоено кратеру, который расположен близ нулевого меридиана. В районе, прилегающем к плато Большой Сирт, названия кратеров связаны с астрономами, которые зарисовывали детали поверхности Марса; по их наблюдениям составлялись карты. Западнее, в районе земли Аравия, кратеры носят имена французских ученых. Среди них есть как астрономы, известные своими визуальными, фотометрическими и поляриметрическими наблюдениями Марса, так и физики, первооткрыватели радиоактивности, — А.Беккерель, П.Кюри и М.Склодовская-Кюри. Там же находится «английский» кратер, названный в честь Э.Резерфорда.

Западнее, в области земли Темпе, кратеры увековечили память советских астрономов, занимавшихся фотометрическими исследованиями Марса: Н.П.Барабашова, Е.Я.Перепелкина, В.Г.Фесенкова и В.В.Шаронова; кратеры в экваториальной области вблизи нулевого меридиана — ученых, выполнявших измерения координат деталей поверхности, определявших период вращения планеты и ее размеры. Имена астрономов, делавших зарисовки полярных шапок Марса, можно обнаружить южнее земли Ноя, в районе, куда доходит зимой южная полярная шапка. Западнее равнины Аргир кратеры названы в память американских астрономов, а восточнее этой равнины — немецких ученых. Названия в честь мореплавателей — первооткрывателей новых земель — сосредоточены к западу от 180-го меридиана; здесь же можно

видеть имена астрономов древности и Средних веков. С именами ученых, высказывавших предположения о возможности жизни на Марсе, связаны названия кратеров к востоку от равнины Эллада. В северной полярной области лежат кратеры, названные в честь М.В.Ломоносова и С.П.Королева. Небольшие кратеры носят имена населенных пунктов Земли. При этом кратерам диаметром от 10 до 100 км дают названия, состоящие из двух-трех слогов, а кратерам меньшего размера — из одного слога [13].

На глобусе также указаны места посадок космических аппаратов на Марсе. В табл.2 приведены координаты этих мест и даты мягкой посадки аппаратов. Как известно, зонд «Марс-2» (СССР), запущенный 19 мая 1971 г., упал в районе равнины Эллада (неудачи суммированы в табл.3), а 2 декабря 1971 г. спускаемый аппарат зонда «Марс-3» совершил первую мягкую посадку к югу от кратера Ньютон. В «Атласе исследований Марса», недавно изданном канадским картографом Ф.Стукке, подробно описаны все исследования Марса, выполненные космическими аппаратами, и показаны фотографии мест посадок спускаемых аппаратов [15].

0 долинах и о взгорьях

Большую часть северного полушария Марса занимают сравнительно гладкие равнины: Великая северная, простирающаяся от северной полярной области, переходит в западном полушарии в равнины Аркадия, Амазония, Хриса и Ацидалийскую, а в восточном — в равнины Утопия, Элизий, Исиды. Равнины северного полушария лежат ниже среднего уровня поверхности планеты. Например, Великая северная равнина имеет глубину от -4 до -5 км, как и равнина Утопия и Ацидалийская. Равнины Аркадия, Амазония и Хриса расположены выше них на 1 км. Это впадины на марсианском шаре, подобные океаническим впадинам Земли. Равнины различны по происхождению, возрасту и внешнему виду. В процессе формирования северных равнин важную роль играл подповерхностный лед [16].

На экваторе находится самая крупная возвышенность — горы Фарсида поперечником около 6000 км и высотой 9 км. Над ними высятся три потухших вулкана: горы Аскрийская, Павлина и Арсия, расположенные на одной линии. Сами вулканы имеют высоту 14—18 км. Самый высокий вулкан на Марсе — гора Олимп, расположенная на северо-западной окраине Фарсиды. Поперечник этого вулкана в основании составляет 600 км, а высота от подножья — 21 км. Если мысленно соединить вершину горы Олимп с вершинами гор Аскрийской и Арсия, получится почти равнобедренный треугольник со сторонами в 1800 км и основанием в 1600 км. Горы Фарсида окружены множеством разломов. В приэкваториальной зоне Марса находится гигантская система разломов с обрывистыми

склонами — долины Маринера. Система имеет протяженность более 4000 км с запада на восток, максимальную глубину до 6 км и поперечник в самой широкой части около 700 км. Крутизна склонов некоторых здешних каньонов достигает 20°. На западной окраине долин Маринера находится уникальный комплекс пересекающихся долин, названный лабиринтом Ночи. Часто встречающиеся долины, похожие на высохшие русла, свидетельствуют о том, что в прошлом на поверхности Марса текли мощные водные потоки. Большинство протяженных долин расположено в приэкваториальной зоне, и лишь отдельные из них встречаются в средних широтах [17].

В северном полушарии также имеется вулканическая область, названная плато Элизий, которая возвышается над равниной Элизий на 4 км, а по размерам в три раза меньше, чем Фарсида. На плато расположено три вулкана, самый крупный из них — гора Элизий — имеет поперечник около 150 км и высоту до 14 км. Отдельные небольшие вулканы можно видеть и в других областях Марса. Своеобразный район скопления плосковершинных горок приурочен к переходной границе от возвышенной области к равнинам в северном полушарии. Здесь находятся столовые горы Кидония, Нилосирт, Протонил, Дейтеронил, расположенные на дуге большого круга под углом 35° к экватору; этот круг отделяет равнинное полушарие планеты от материкового. Неслучайно именно в районе столовых гор Кидония были замечены занятые формы рельефа — «пирамиды» и «сфинкс»: этот район характеризуется скоплением хаотичных форм, связанных с глобальным уступом шириной более 100 км. Эта «марсианская Гиза» долго

привлекала внимание космических романтиков, но фотографии, переданные спутником «Марс Глобал Сервейер», показали, что ничего загадочного в этих формах нет: налицо всего лишь случайное сходство с памятниками египетской старины. На глобусе легко заметить, что равнина Эллада — антипод древнего вулкана Альба патера.

В южном полушарии планеты равнин сравнительно мало, и они не столь обширны, как равнины северного полушария. Это равнины Эллада диаметром 2300 км и глубиной до 8 км и Аргир диаметром 800 км и глубиной около 3 км. Их округлая форма указывает на то, что образовались они, скорее всего, в результате падения на Марс крупных тел. Большая часть южного полушария представлена возвышенностями, покрытыми множеством метеоритных кратеров. Средние высоты материковой части Марса составляют 3—4 км. Плато Сирия расположено на высотах от 5 до 6 км, плато Синай — от 3 до 5 км, плато Солнца — от 3 до 4 км, плато Гесперия и Большой Сирт — от 1 до 2 км.

Гипсометрический глобус Марса служит хорошим наглядным пособием для изучения особенностей рельефа поверхности Красной планеты. На нем подписаны горизонталы (в отличие от американского топографического глобуса) и высоты крупных вулканов. Специальным условным знаком в виде флажка показаны места мягких посадок всех космических аппаратов. Глобус был выпущен компанией «Глобусный мир». Возможно, в будущем он появится в школьных кабинетах и университетских аудиториях. Марс — одна из важнейших целей космической экспансии человечества. Это наша «запасная планета», знакомство с «географией» которой поможет ее освоению. ■

Литература

1. Берлянт А.М. Глобусы. М., 2007.
2. Марс: великое противостояние / Ред.-сост. В.Г.Сурдин. М., 2004.
3. Абалакин В.К. О.В.Струве — Дж.В.Скиапарелли. Переписка 1859—1904. СПб., 2005.
4. Sagan C., Fox P. The canals of Mars: an assessment after Mariner 9 // Icarus. 1975. V.25. P.602—612.
5. Blunck J., Zugner J., Jöns H.-P. Der Rote Planet im Karten Bild: 200 Jahre Marskartographie von Herschel, Beer und Mädler bis zur CD. Gotha, 1993.
6. Roth J.A. Precision globes of Mars // Sky and Telescope. 1964. V.27. P.19.
7. Шевченко В.В., Родионова Ж.Ф. Глобус Марса — еще одна «планета» у вас на столе. М., 1993.
8. Hargitai H., Gede M. Three virtual globes of Mars: topographic, albedo and a historic globe. European Planetary Science Congress Abstracts, 2009. V.4. EPSC2009-47.
9. Илюхина Ю.А., Родионова Ж.Ф. Гипсометрическая карта Марса. 1:26 000 000. М., 2004.
10. Родионова Ж.Ф., Илюхина Ю.А. Новая карта Марса // Земля и Вселенная. 2005. №2. С.38—48.
11. Smith D.E., Zuber M.T., Solomon S.C. et al. The global topography of Mars and implications for surface evolution // Science. 1999. V.284. P.1495—1503.
12. Богинский В.М., Родионова Ж.Ф., Мышецкая Е.Н. Опыт создания глобуса Луны на термопластичном материале // Геодезия и картография. 1990. №6. С.28—34.
13. Бурба Г.Н. Номенклатура деталей рельефа Марса. М., 1981.
14. Глобус Марса 1:19 500, 1:26 300 000. ГАИШ МГУ, ПКО «Картография» ГУГК. 1989, 1993 / Сост. В.И.Стушнова, ред. Ж.Ф.Родионова, науч. рук. В.В.Шевченко.
15. Stooke P.J. The international atlas of Mars exploration. The first five decades: 1953—2003. N.Y., 2012.
16. Ксанфомалити Л.В. Парад планет. М., 1997.
17. Кузьмин Р.О. Криолитосфера Марса. М., 1983.