

Карта рельефа Венеры

Е.Н.Лазарев, Ж.Ф.Родионова, В.В.Шевченко

Вторая от Солнца и ближайшая к Земле планета, Венера, названа именем богини любви и красоты, принятым у римлян. С богинями любви связывали эту планету также жители Вавилона и древние греки (с Иштар и с Афродитой соответственно). Яркое свечение Венеры объясняется отражением солнечных лучей от ее мощной облачной атмосферы. Просветов в облачном покрове Венеры не наблюдается, поэтому рельеф ее поверхности можно изучать только методами радиолокации.

Создание радиокарт планеты

Радиолокационные исследования Венеры были начаты в США и СССР в 1961 г. Без преувеличения можно сказать, что планетная радиолокация — одно из главных достижений техники конца XX в. Сначала слабый отраженный импульс позволял определять только расстояние до планеты. В 1970-х годах по разности радиочастот сигналов, отраженных правой и левой сторонами диска, был найден период вращения Венеры: 243 суток в направлении, не характерном для других планет, — по часовой стрелке, если смотреть с северного полюса эклиптики. Точно определить вращение помогли две яркие в радиоотражении области, которым по алфавитному принципу временно присвоили названия Альфа



Евгений Николаевич Лазарев, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник отдела исследований Луны и планет Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова (ГАИШ). Занимается разработкой методики и технологии создания гипсометрических карт по данным космических съемок.



Жанна Федоровна Родионова, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник того же отдела. Специалист в области картографирования планет и спутников Солнечной системы, морфометрии и сравнительной планетологии. Разработала методику создания морфологических каталогов кратеров Меркурия, Луны и Марса. Член Международного астрономического союза.



Владислав Владимирович Шевченко, доктор физико-математических наук, заведующий указанным отделом. Область научных интересов — исследование тел Солнечной системы. Разработал и применил на практике различные методы дистанционных исследований Луны и планет. Член Международного астрономического союза.

и Бета. Но, как это часто бывает, временные имена закрепились. Позже выяснилось, что Альфа и Бета — это крупные возвышенности с сильнопересеченным рельефом. Из-за медленного вращения рассвет и закат на Венере длятся несколько зем-

ных суток, а смены времен года там нет, поскольку наклон полярной оси не превышает 3°.

Сложение двух вращений — вокруг оси и вокруг Солнца, — происходящих в разных направлениях, приводит к тому, что солнечные сутки на Венере

© Лазарев Е.Н., Родионова Ж.Ф., Шевченко В.В., 2010

длятся 116,8 земных суток. Период повторения нижних соединений Венеры (ее максимальных сближений с Землей) составляет около 584 земных суток; легко видеть, что за это время на планете проходит ровно пять солнечных суток, а относительно линии Солнце—Земля она совершает четыре поворота вокруг оси. Поэтому в каждом нижнем соединении Венера обращена к Земле одной и той же своей стороной. Причина такой синхронизации неясна, так как приливное взаимодействие между Землей и Венерой очень слабое.

Загадки очень медленного вращения Венеры и его резонанса с движением относительно Земли еще ждут своего решения. А для картографов это странное свойство Венеры обернулось тем, что с помощью наземной радиолокации не удастся получить одинаково четкие картины «земного» и «антиземного» полушарий Венеры. Исследования

Венеры наиболее удобно проводить вблизи ее нижнего соединения, когда планета подходит к Земле ближе всего. В верхнем соединении планета слишком далека от нас. Поэтому первая наземная радиолокационная карта могла охватить только одно полушарие планеты (точнее, 30% всей ее территории). Такая радиокарта появилась в начале 1970-х годов. Она давала распределение коэффициента радиотражения, который, в принципе, прямо не связан с оптическими темными и светлыми районами поверхности и не несет информации о высотах рельефа. Впрочем, качество радиоизображений, зарегистрированных с Земли, т.е. с расстояния порядка 100 млн км, вообще оставляет желать лучшего.

Детальные карты поверхности Венеры были получены благодаря космическим зондам, доставившим радиовысотометры и локаторы бокового обзора к самой границе атмосферы Ве-

неры (в сотнях километров над ее поверхностью). По мере получения данных с космических аппаратов «Pioneer-Venus» (NASA, 1978—1992), «Венера-15 и -16» (СССР, 1983—1984) и «Magellan» (NASA, 1990—1994) совершенствовались и уточнялись гипсометрические карты планеты, на которых рельеф изображен горизонталями, т.е. линиями, соединяющими точки с одинаковой высотой. Первая карта Венеры (в пределах пояса широт от -65° до 75°) была создана в США в 1980 г. на основе радиовысотометрических измерений с борта орбитального аппарата «Pioneer-Venus». Наименьший размер радиолокационного пятна на поверхности Венеры был 23×7 км. Естественно, разрешение карты оказалось невысоким — около 100 км (рис.1).

В СССР первые гипсометрические карты Венеры были составлены по данным орбитальных аппаратов «Венера-15 и -16», которые впервые с помощью ло-

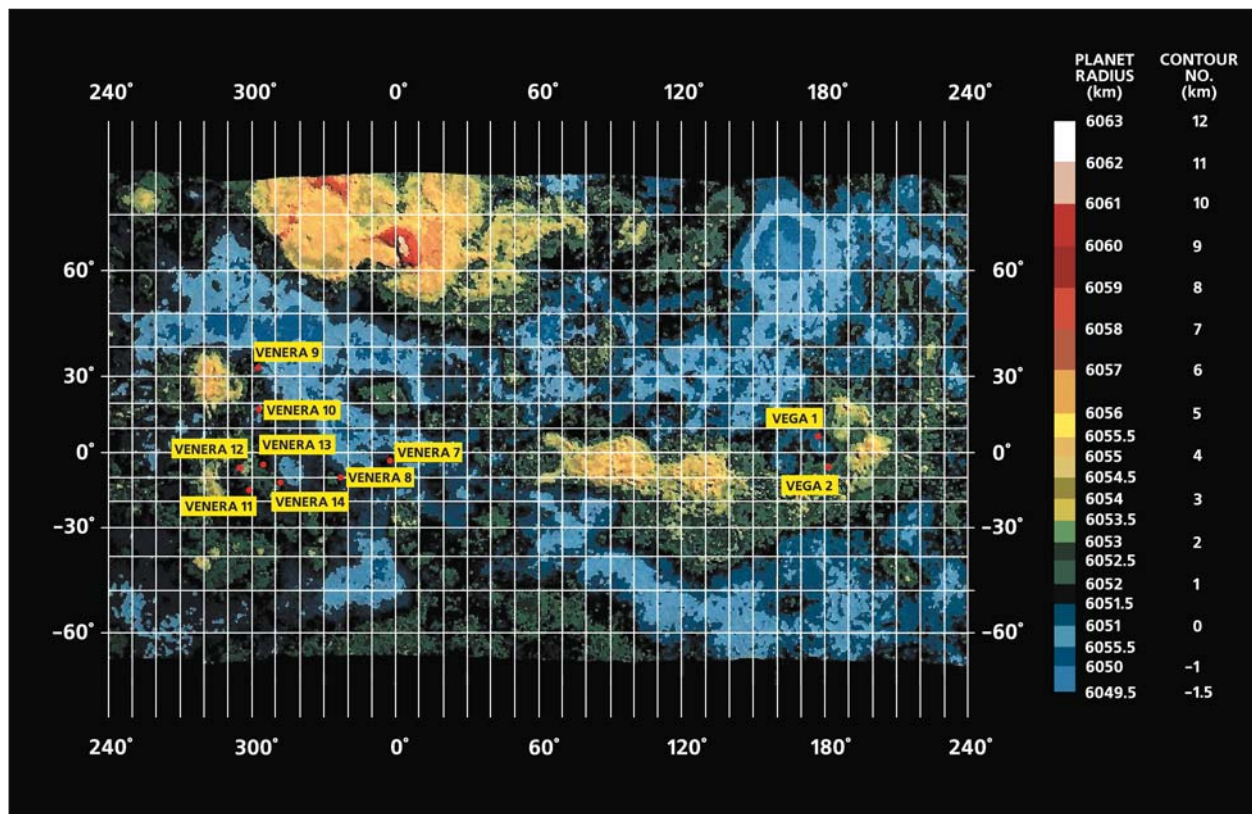


Рис.1. Первая гипсометрическая карта поверхности Венеры. Отмечены места посадки советских зондов.

каторов бокового обзора выполнили съемку 25% поверхности северного полушария (от полюса до 30°с.ш.) с разрешением около 1 км. В 1989 г. на основе этих съемок в США была издана серия из трех карт Венеры в масштабе 1:15 000 000. Это была совместная работа Американской геологической службы (USGS) и Института геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского. В 1989 г. в СССР был издан «Атлас поверхности Венеры», включающий различные карты, в том числе и гипсометрические в масштабе 1:10 000 000. В «Атласе планет земной группы и их спутников», вышедшем в России в 1992 г., наряду с другими гипсометрическими картами приведена и карта Венеры в масштабе 1:75 000 000.

Но самые подробные карты были составлены по данным американского зонда «Magellan», который с 10 августа 1990 г. в течение нескольких лет проводил на орбите вокруг Венеры радиолокационную съемку, позволявшую получить изображение всей поверхности с разрешением до 150 м. В 1997 г. Американская геологическая служба США выпустила подробные карты Венеры в масштабе 1:10 000 000. В комплект для каждого из восьми регионов входят четыре карты: радиолокационное изображение поверхности, полутоновое изображение рельефа, альтиметрическая и топографическая карты. В настоящее время USGS продолжает издание геологической карты поверхности Венеры в масштабе 1:5 000 000. Всего будет издано 62 листа с описанием геологического строения местностей.

Наши уточненные изображения

В 2008 г. гипсометрическая карта Венеры в масштабе 1:90 000 000 (рис.2) была составлена в ГАИШ при участии кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ.

Таблица 1
Родовые термины деталей рельефа Венеры

Латинский термин	Русский термин	Определение
chasma (chasmata)	каньон (каньоны)	глубокая крутосклонная линейная депрессия
collis (colles)	холм (холмы)	небольшая возвышенность округлой в плане формы, обычно образуют скопления
corona (coronae)	венц (венцы)	крупная округлая деталь, окруженная кольцом концентрических гряд и борозд
crater (craters)	кратер (кратеры)	округлая депрессия
dorsum (dorsa)	гряда (гряды)	линейная возвышенность неправильной в плане формы
fluctus (fluctūs)	поток (потoki)	области с потоками, имеющими языкообразные края
fossa (fossae)	борозда (борозды)	длинная, узкая линейная депрессия
labyrinthus (labyrinthis)	лабиринт (лабиринты)	комплекс пересекающихся долин, каньонов
linea (lineae)	линия (линии)	темная или светлая удлиненная деталь поверхности, может быть кривой или прямой
mons (montes)	гора (горы)	крупная возвышенность рельефа (mons) или цепь возвышенностей (montes)
patera (paterae)	патэра (патэры)	кратер неправильной формы или сложный кратер с фестончатыми краями
planitia (planitiae)	равнина (равнины)	ровная низменная область
planum (plana)	плато (плато)	ровная возвышенная область
regio (regiones)	область (области)	крупный район, отличающийся от прилегающих по цвету или по яркости
rupes (rupēs)	уступ (уступы)	уступо- или обрывообразная форма
terra (terrae)	земля (земли)	область с пересеченным рельефом (обычно обширная возвышенность)
tessera (tesserae)	тэссера (тэссеры)	возвышенность с характерным сильно пересеченным в нескольких направлениях рельефом, имеющая вид черепичного покрытия или паркетобразный рисунок
tholus (tholi)	купол (купола)	отдельная небольшая куполовидная гора или холм
unda (undae)	дюна (дюны)	дюнообразная форма рельефа
vallis (valles)	долина (долины)	извилистая ложбина, часто имеет притоки

При построении горизонталей на этой карте основой служили цифровые данные о рельефе Венеры (64 800 значений высот точек), полученные со спутника «Magellan». Для карты была разработана оригинальная шкала ступеней высот и были выбраны шрифты для названий форм рельефа, присвоенных Международным астрономическим союзом (МАС), а также для мест посадки космических аппаратов.

Чем более четкой предстает перед нами поверхность Венеры, тем больше обнаруживается на ней типов деталей, многие из которых не имеют аналогов на Земле, а некоторые — и на других планетах (например, венцы и тессеры). В табл.1 приведены современная номенклатура и описание типов рельефа Венеры.

Как известно, МАС принял решение называть различные

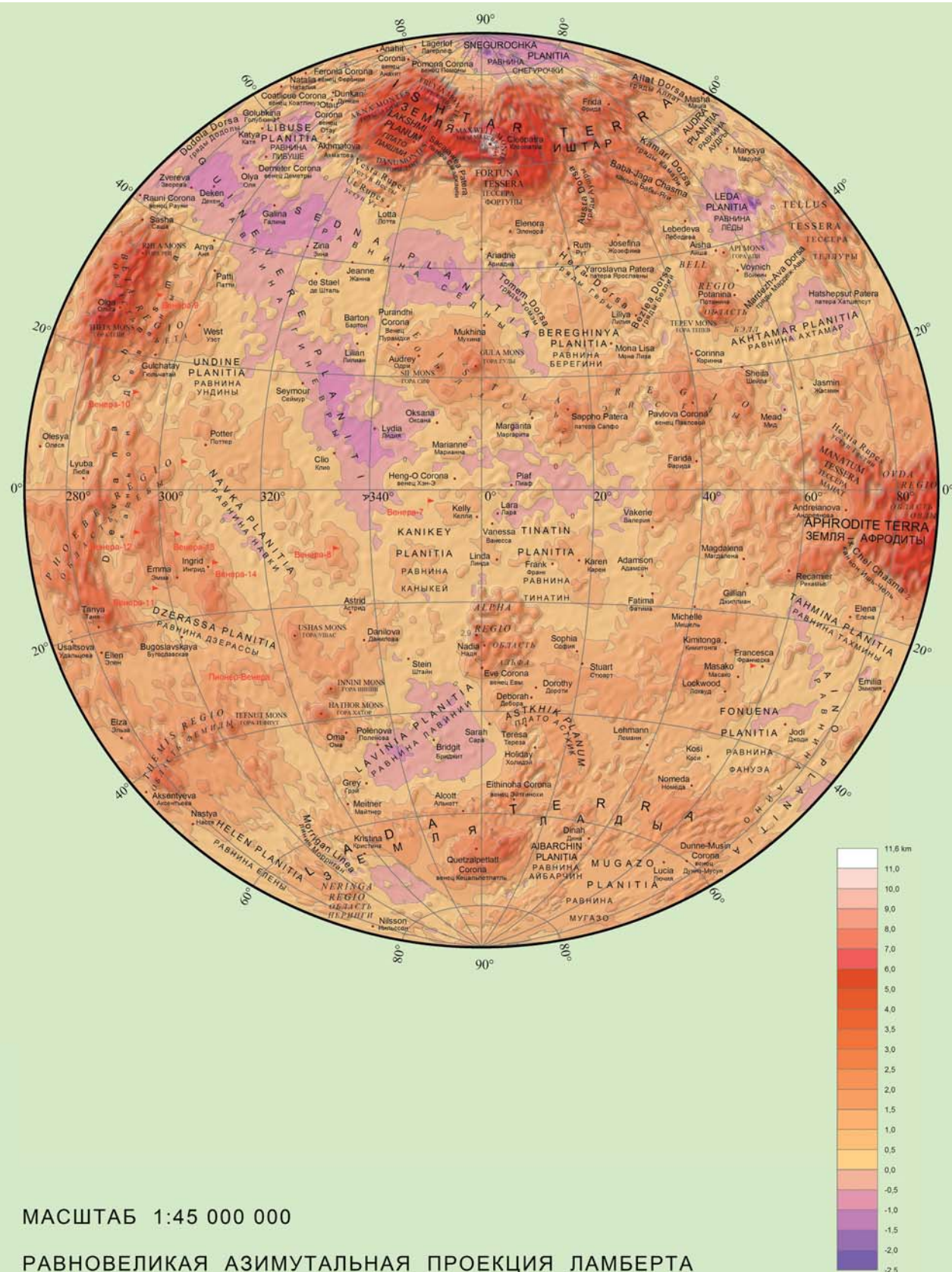
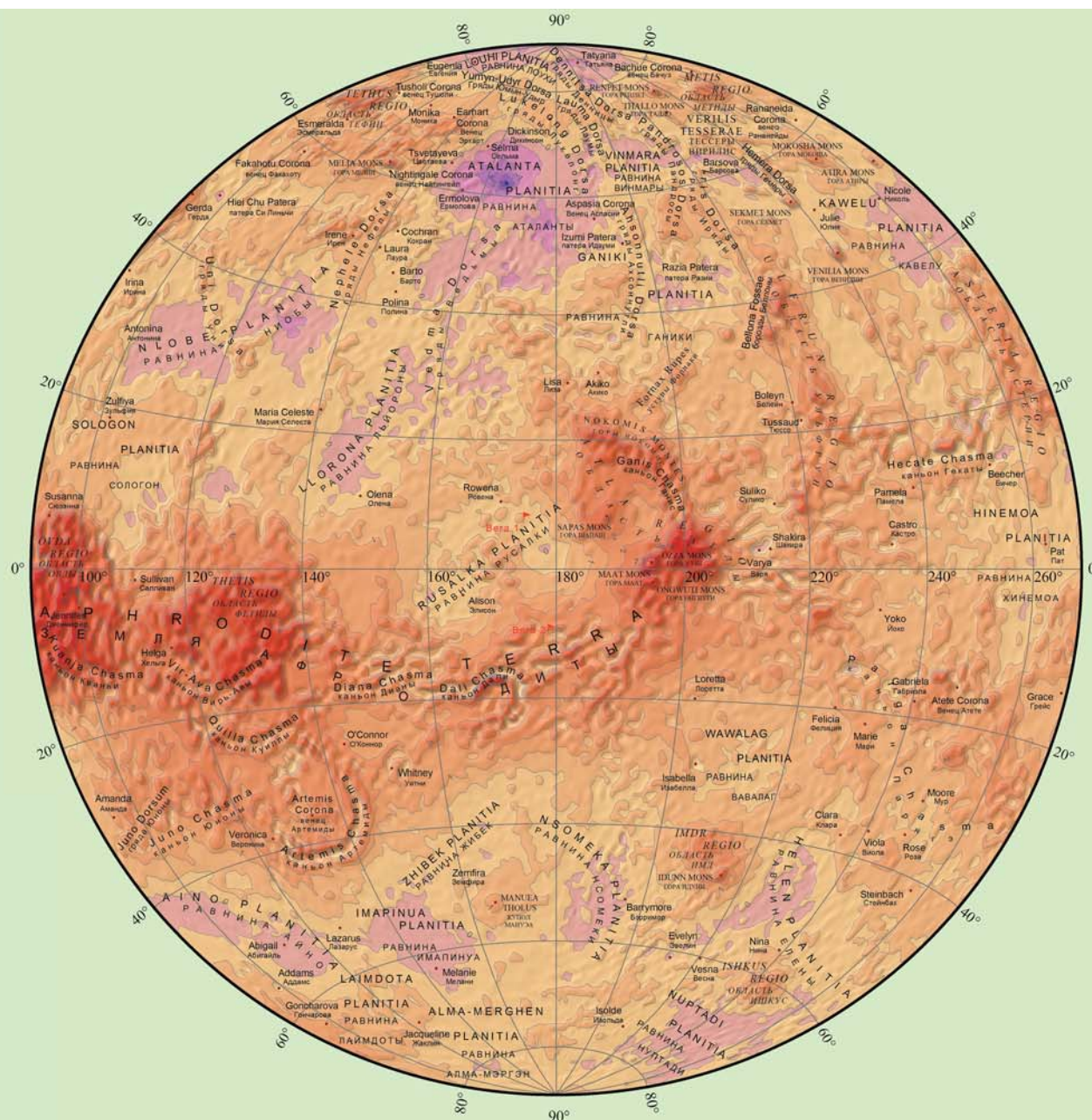


Рис.2. Гипсометрическая карта Венеры 2008 года, созданная в России по данным космического аппарата «Magellan».



Карта подготовлена в Государственном астрономическом институте им. П.К.Штернберга при участии кафедры картографии и геоинформатики МГУ по материалам КА "Магеллан".
Горизонталы построены по данным о высотах 64800 точек поверхности.
Высоты отсчитаны от сферы радиусом 6051,0 км.
Составитель: Лазарев Е. Н.
Редактор: к. ф.-м. н. Родионова Ж.Ф.

© Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга МГУ 2007 г.

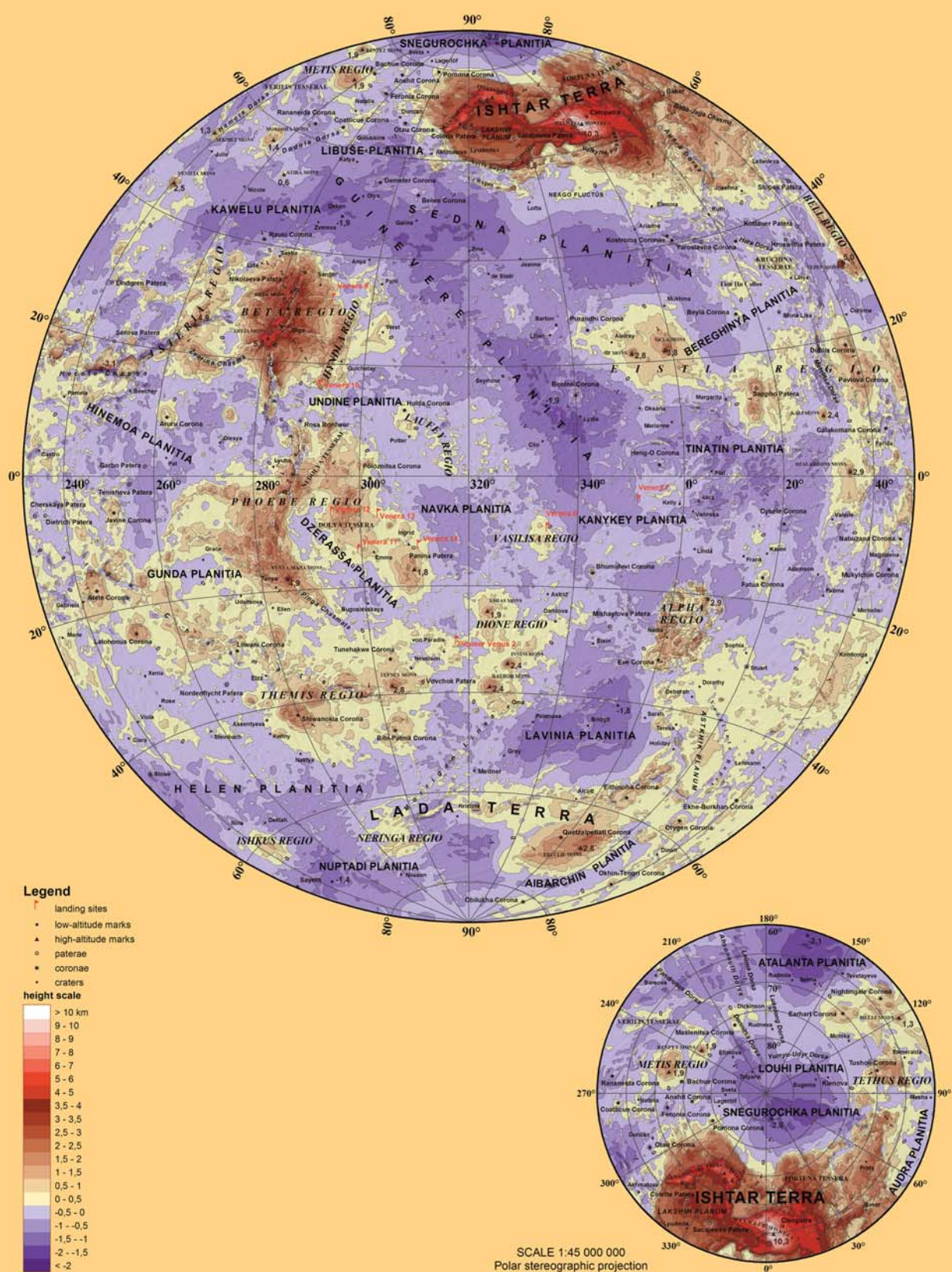


Рис.3. Карта рельефа Венеры 2010 года.

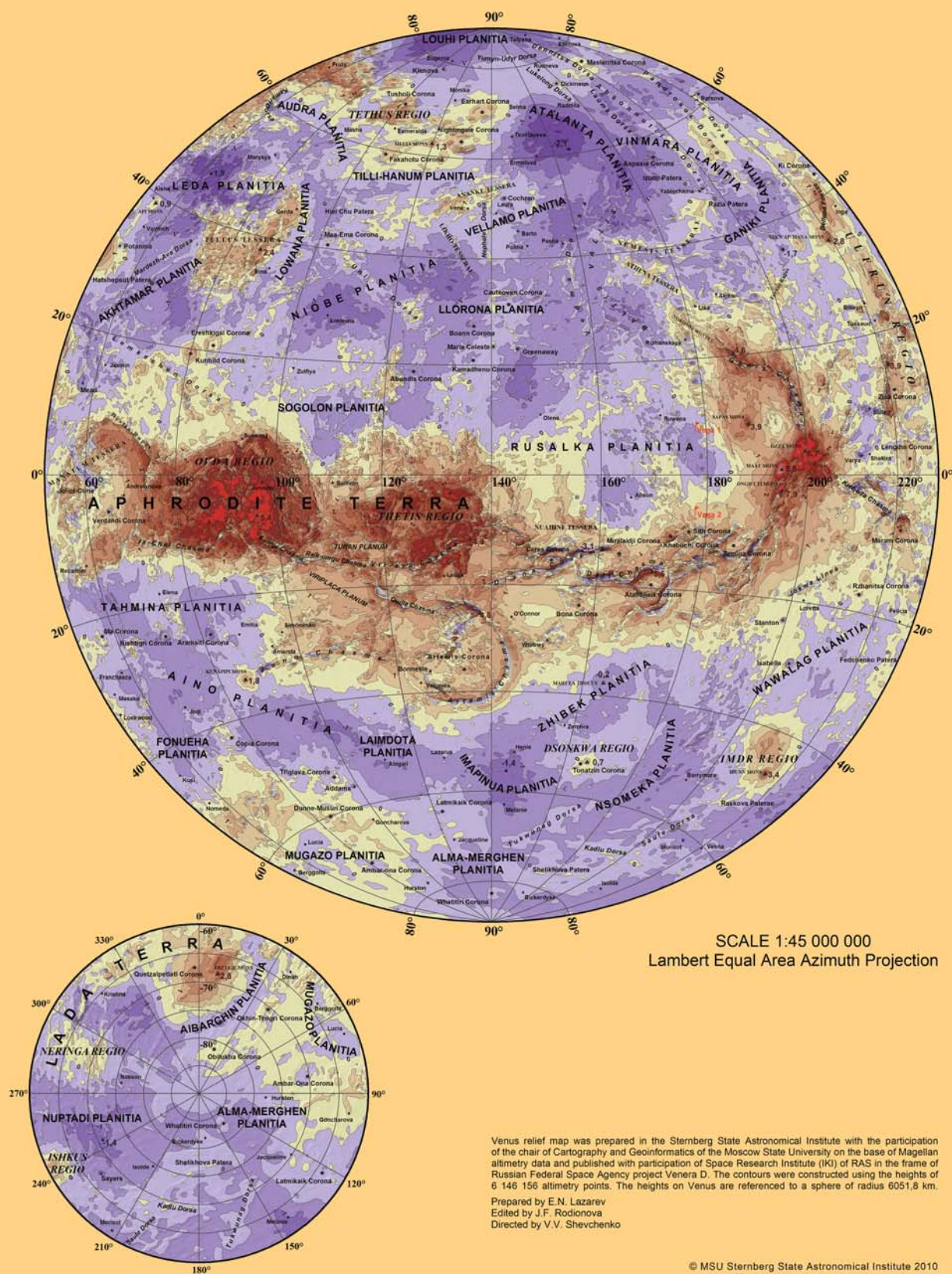


Таблица 2

Категории собственных имен деталей рельефа Венеры

Деталь рельефа	Категория имени
борозды, линии	богини войны, женские воинственные мифологические персонажи
венцы	богини земли и плодородия
горы, купола, лабиринты, потоки	различные богини (а также физик Максвелл)
гряды	богини неба
долины	имена планеты Венера в языках разных народов ($L > 400$ км) или богини рек ($L < 400$ км)
дюны	богини пустынь
земли, плато	богини любви и красоты
каньоны	богини охоты и Луны
кратеры ($\varnothing > 20$ км), патеры	фамилии выдающихся женщин
кратеры ($\varnothing < 20$ км)	обычные женские имена
области	титаниды и великанши (а также Альфа и Бета)
равнины	героини мифов
тессеры	богини судьбы и удачи
уступы	богини домашнего очага
холмы	богини моря

формы рельефа на Венере женскими именами. Исключение из этого правила — горы Максвелла, названные в честь знаменитого английского физика, благодаря работам которого возникла радиотехника и, в частно-

сти, радиолокация. Также не вполне женские имена остались у областей Альфа и Бета, поскольку эти названия широко использовались при первых радиолокационных наблюдениях с Земли. В табл.2 приведены ти-

пы собственных имен, присваиваемые различным формам рельефа на Венере.

Новая «Карта рельефа Венеры» масштаба 1:45 000 000 (рис.3), составленная в ГАИШ МГУ с участием кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ и изданная при финансовой поддержке Института космических исследований РАН в 2010 г., существенно отличается от предыдущих карт.

Для построения горизонталей, с помощью которых показан рельеф поверхности Венеры, были использованы данные спутника «Magellan» о высотах более 6 млн точек поверхности. Это дало возможность отобразить рельеф намного подробнее, чем на карте, изданной в 2008 г., что наглядно демонстрирует рис.4. Все данные были приведены относительно среднего уровня поверхности — сферы радиусом 6051.8 км, что повлияло на распределение высотных ступеней. Площади, занимаемые низ-

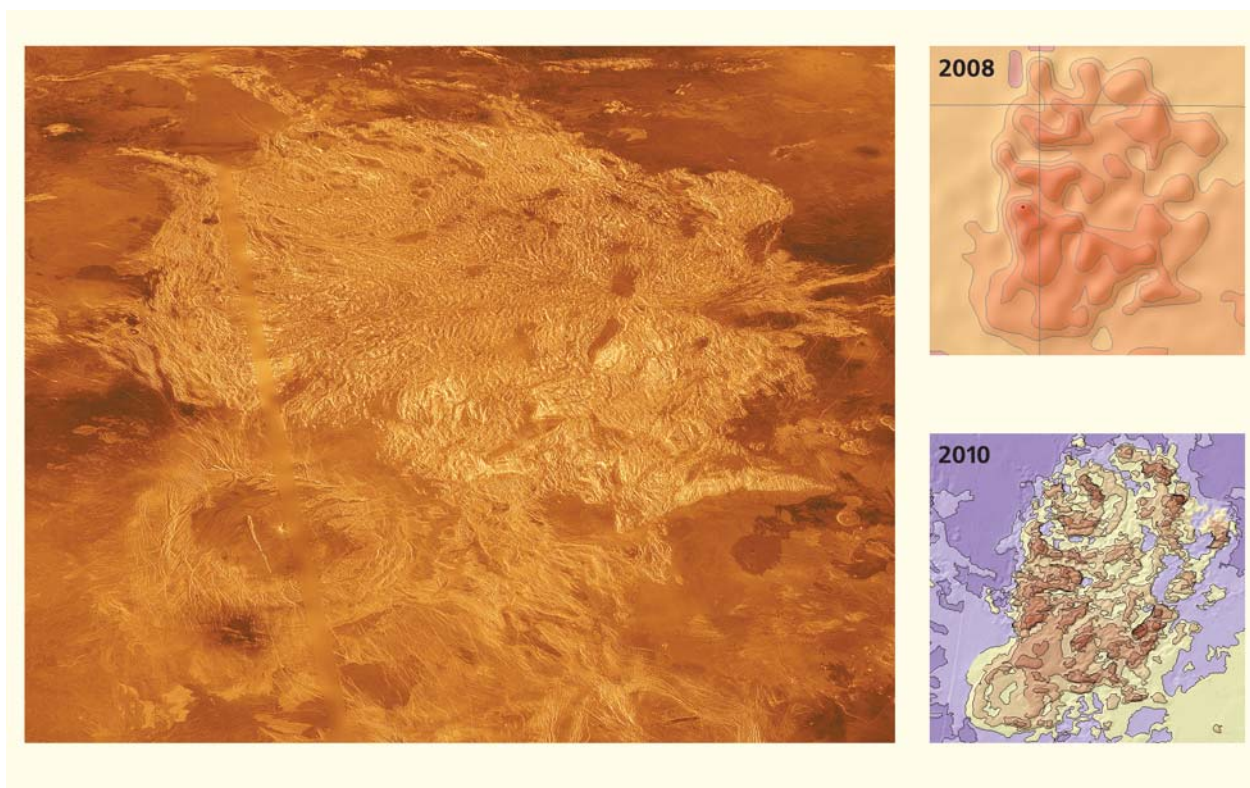


Рис.4. Рельеф области Альфа на радарном снимке (слева) и его изображение на картах Венеры, изданных в 2008 и 2010 гг.

менностями, увеличились, а возвышенностями — уменьшились по сравнению с предыдущей картой. Перепад высот на Венере составляет 13.4 км. Самая высокая отметка гор Максвелла относительно среднего уровня поверхности Венеры достигает 10.3 км, а самая низкая (в каньоне) — 3.1 км.

Полушария планеты показаны на «Карте рельефа Венеры» таким образом, что левое изображение, с центральным меридианом 320° , представляет собой полушарие, видимое с Земли в момент нижнего соединения, а правое, с центральным мери-

дианом 140° , — обратное, «анти-земное». Идею такого деления на полушария предложил Г.А.Бурба. Заметим, что это противопоставление (с точки зрения земного наблюдателя) двух полушарий Венеры все же условное. Оно имеет смысл на сравнительно небольших интервалах времени — в несколько веков. Средний синодический период* Венеры равен 583.92 суток. С таким пе-

* Синодический период — время, за которое какая-либо планета,двигающаяся по своей орбите, делает полный оборот (возвращается в исходное положение относительно Солнца) с точки зрения земного наблюдателя.

риодом происходит сближение Венеры и Земли на минимальное расстояние. А точный период вращения Венеры составляет 243.0185 суток. Поэтому, строго говоря, между моментами сближения с Землей относительно направления на Землю Венера успевает сделать не точно четыре поворота, а 4.0014. Следовательно, через 571 год в моменты нижних соединений она будет демонстрировать Земле противоположное полушарие. Но в течение ближайшего столетия разбиение карты на «земное» и «анти-земное» полушария останется практически неизменным.

Таблица 3

Небольшие по размеру кратеры Венеры, названные привычными нам женскими именами

Кратер	Широта, °	Долгота (восточная), °	Диаметр, км	Кратер	Широта, °	Долгота (восточная), °	Диаметр, км
Антонина	28.1	106.8	13.8	Марианна	9.3	358.0	9.0
Аня	39.5	297.8	18.1	Маруся	53.3	75.1	6.3
Ариадна	43.9	360.0	23.6	Маша	60.7	88.5	6.4
Валентина	46.4	144.1	24.6	Надя	-27.9	0.6	11.3
Валерия	-6.4*	30.9	13.6	Настя	-49.0	275.8	12.5
Ванда	71.3	323.1	21.7	Наталия	67.1	272.9	10.8
Варя	2.8	211.8	14.3	Нина	-55.5	238.7	24.6
Вероника	-38.1	124.6	17.9	Оксана	11.9	352.0	7.7
Вета	42.6	349.5	6.4	Олена	10.9	149.0	7.0
Виола	-36.1	240.5	10.0	Олеся	5.6	273.3	12.0
Галина	47.6	307.1	16.8	Ольга	26.1	283.8	15.5
Дина	-62.9	37.1	15.6	Оля	51.4	291.8	13.4
Ева	-32.0	0.1	23.0	Полина	42.4	148.2	21.6
Евгения	80.6	105.4	6.0	Раиса	27.5	280.3	13.5
Елена	-18.3	73.4	17.6	Регина	30.0	147.3	24.9
Жанна	40.1	331.5	19.4	Рита	71.0	334.8	8.3
Жасмин	15.6	61.6	15.1	Роза	-35.2	248.2	15.5
Зина	41.9	320.1	9.0	Сара	-42.4	1.8	18.5
Зоя	69.1	236.2	20.0	Саша	38.3	277.3	4.6
Ирина	35.0	91.2	15.2	Света	82.5	273.2	21.0
Катя	57.8	285.7	10.5	Софья	-28.6	18.8	17.6
Клара	-37.5	235.3	3.2	Сюзанна	6.0	93.3	13.3
Кристина	-65.2	315.9	9.7	Тамара	61.6	317.2	11.0
Ксения	-30.3	249.4	13.5	Таня	-19.3	282.7	14.0
Лара	-4.2	2.9	3.4	Татьяна	85.4	212.4	19.0
Лариса	-18.5	131.1	3.7	Ульяна	24.3	253.0	12.5
Лена	39.5	23.0	15.2	Устинья	-41.2	251.6	11.8
Лидя	36.6	273.9	20.3	Флоренция	-15.2	85.0	10.5
Лидия	10.7	340.7	15.2	Фрося	29.5	113.4	9.8
Лиза	29.0	182.0	4.5	Чулпан	40.0	290.0	6.3
Лилия	30.2	31.1	15.0	Элеонора	47.1	6.9	4.5
Люба	1.6	283.9	12.4	Эмма	-13.7	302.3	11.8
Людмила	62.1	329.7	14.1	Эрика	72.0	175.4	10.5
Маргарита	12.7	9.2	13.0	Юлия	51.0	242.6	13.5
Мари	-21.7	232.4	14.2				

* Знаком «-» обозначены градусы южной широты.

Такое расположение полушарий на «Карте рельефа Венеры» удобно еще и тем, что Земля Афродиты, расположенная в правом полушарии, показана целиком. Дополнительно к основной карте, составленной в равноплощадной азимутальной проекции Ламберта, даны также приполярные области (от полюсов до параллелей $\pm 60^\circ$), представленные в полярной стереографической проекции. Приполярные области удобнее рассматривать целиком на дополнительных картах. В электронном виде карту можно найти в Интернете*.

Рельеф Венеры

Глобальный рельеф Венеры довольно ровный — около 82% поверхности находится на высотах от +1 до -1 км. Но при этом имеются крупные низменности и возвышенности, сравнимые по площади с океанами и материками Земли.

По аналогии с нашей планетой возвышенные районы Венеры можно назвать материками.

* http://selena.sai.msu.ru/Laz/Publications/Map_of_Venus/Map_of_Venus.htm или http://selena.sai.msu.ru/Laz/Publications/6_Automatic%20creation%20of%20the%20hypsometric%20map%20of%20Venus_MAP.pdf.

В северной полярной области это Земля Иштар, площадь которой около 8 млн км², что близко к площади Австралии. В пределах Земли Иштар находится огромное плато Лакшми, которое вдвое больше Тибета. С востока плато Лакшми окружают горы Максвелла, а с севера — горы Фрейи и горы Акны. Крупнейший материк Венеры — Земля Афродиты — простирается южнее экватора примерно вдоль десятой параллели на 10 тыс. км и по площади сравнима с Африкой. На южной окраине Земли Афродиты находится огромный кольцеобразный каньон Артемиды протяженностью около 5 тыс. км, а на восточной — каньон Дианы длиной около 1 тыс. км. Третий материк — Земля Лады — расположен в южной полярной области.

Куполовидные возвышенности больших размеров, такие как области Альфа, Бета, Белл, Ульфрун, а также многочисленные венцы (кольцевые структуры диаметром от 40 до 2600 км) относятся к вулканотектоническим образованиям. Еще один тип тектонических образований — узкие протяженные пояса гряд, например гряды Ведьмы длиной 3345 км.

Пониженные области включают в себя равнины, каньоны и борозды. Например: равнина

Атланты глубиной до 2,5 км, равнины Седны протяженностью 3570 км и Гиневры (7520 км), расположенные вдоль параллели 40° с.ш., равнина Лавинии, каньон Артемиды и др.

К ударному типу рельефа относятся кратеры диаметром от 1,5 до 270 км. Средняя плотность кратеров на Венере очень мала — на площадь в 1 млн км² приходится всего два кратера диаметром более 1,5 км. Известно, что плотность таких кратеров на Марсе в 100 раз, а на Луне в 200 раз больше. Кратеры небольшого размера на Венере называют женскими именами. В табл.3 приведен список той части маленьких кратеров, которой МАС присвоил женские имена, встречающиеся на территории России (главным образом по инициативе наших соотечественников). С помощью этой таблицы на карте рельефа Венеры 2010 г. можно отыскивать интересные читателя имена. Более крупные кратеры названы в честь выдающихся женщин, например: Клеопатра (66° с.ш., 7° в.д., 105 км), Ахматова (61° с.ш., 308° в.д., 41 км), Ермолова (60° с.ш., 154° в.д., 61 км). Подробнее о названиях на Венере и других небесных телах можно узнать в Интернете*.

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