



# Венера - утренняя и вечерняя звезда

[НАВИГАЦИЯ](#) | [АстроФото](#) | [НАУКА](#) | [GSpace БЛОК](#)

Заходите к нам на форум: задавайте вопросы - получайте ответы!

Поиск по ☐



Поделиться...



## Исследование Солнечной Системы - Венера

[Из истории](#)

[+ Исследователи](#)

[Венера](#)

[Фотографии](#)

[Главная](#)

[Хронология](#)

[АМС  
"Маринер"](#)

[АМС "Венера"](#)

[АМС новая  
"Венера"](#)

[КА  
"Магеллан"](#)

[Новые миссии](#)

Страница: [Введение](#) | [КА "Магеллан"](#) | [Карты Венеры](#):

## Венера - кривое зеркало Земли

Космический аппарат «Магеллан»

### Радиолокация Венеры

В августе 1990 г. космический аппарат "Магеллан" вышел на орбиту вокруг Венеры. На Землю стали поступать все новые и новые впечатляющие изображения поверхности планеты.

Ближайшая к Земле планета, очень похожая на нее размерами, массой и плотностью, - Венера издавна притягивала внимание исследователей. Однако изучение традиционными методами давало не очень много: плотный облачный слой делает невозможными оптические наблюдения поверхности Венеры с Земли. Первые попытки исследования планеты с помощью радиолокации относятся к 1961 г. С той поры эти работы были систематическими.

Для радиоволн определенной длины облачный покров планеты прозрачен, и ученые, анализируя запаздывание и интенсивность отраженного ее поверхностью сигнала, смогли получить представление о крупномасштабном рельефе в экваториальной области и отражательных свойствах грунта. По наблюдениям ярких деталей поверхности были определены период и ориентация оси вращения планеты. Но все же основная ее часть осталась недоступной для исследования: ограниченные возможности земных радиолокаторов позволяли проводить наблюдения лишь вблизи нижних соединений Венеры, т. е. во время максимальных сближений с Землей, а она в это время всегда повернута к нам одной стороной.



Подготовка к старту миссии «Магеллана»

### «МАГЕЛЛАН»

Наконец, успехи в создании космической техники позволили приблизить радиолокаторы к планете: начались исследования с ее орбиты. Впервые глобальные исследования рельефа были проведены в

1978-1980 гг. с помощью радиовысотомера американского космического аппарата «Пионер - Венера». Объединяя профили высот, измерявшиеся по трассе полета аппарата, ученые построили топографическую карту поверхности с разрешением 50-150 км в пределах от 75° с. ш. до 60° ю. ш. На ней впервые были обнаружены возвышения континентального типа, холмистые равнины, гладкие низменности.

Первая радиолокационная карта Венеры с разрешением 1-2 км и карта высот от северного полюса до 30° с. ш. (это четверть всей поверхности) была получена в 1983-1984 гг. по наблюдениям с борта советских орбитальных станций «Венера-15» и «Венера-16». Анализ полученных данных показал, что рельеф сформирован, в основном, процессами базальтового вулканизма и тектоническими деформациями венерианской коры. Анализируя изображения 150 обнаруженных ударных кратеров, ученые смогли оценить геологический возраст изученной поверхности. Полученный при этом поразительный вывод - отсутствие признаков тектоники плит (процесса, сформировавшего земную кору) - одно из самых значительных открытий экспедиции.

## История проекта

Радиолокационная съемка поверхности Венеры в американском проекте, названном по имени великого путешественника XVI в. Фернана Магеллана - кульминационный момент в тридцатилетнем «научном штурме» планеты учеными нашей страны и США. Его основная цель: охватить радиолокационными исследованиями всю поверхность Венеры и сделать это с небывалым разрешением - 120-360 м. Предусматривались и другие исследования - изучение морфологии и электрических свойств поверхности для воссоздания истории вулканических, тектонических и ударных процессов, получение данных об аномалиях гравитационного поля. Высокая детальность данных позволила изучить эрозионные и эоловые процессы, позволила обнаружить изменения на поверхности за время проведения эксперимента (при повторной съемке одной и той же области).

Американскому проекту радиолокационной съемки Венеры почти двадцать лет. Идея была выдвинута в конце шестидесятых годов, а научные задачи экспедиции были сформулированы учеными из Лаборатории Реактивного Движения (г. Пасадена, Калифорния) в 1972 г. Поначалу этот эксперимент планировался как многоцелевой, но сокращение финансирования космических исследований в США в начале 80-х гг \*. привело к тому, что проект «Магеллан» был признан чрезмерно дорогим, и в 1982 г. его финансирование было прекращено. В конце 1983 г. после серьезного пересмотра научной программы и резкого уменьшения числа научных приборов финансирование было возобновлено, но в объеме, вдвое уступающем первоначальному.

### «МАГЕЛЛАН»

\* Свою предыдущую автоматическую межпланетную станцию США запустили в 1978 году. Это был космический аппарат «Пионер-Венера», предназначенный для проведения исследований в атмосфере Венеры. Почти 11 лет США не осуществляли запуски с целью изучения Солнечной системы. Львиная доля бюджета НАСА в эти годы отводилась многоразовой транспортной системе «Спейс Шаттл», а на межпланетные станции деньги выделялись по остаточному принципу. США даже отказались от создания космического аппарата для исследования кометы Галлея в 1986 году.

### «МАГЕЛЛАН»

В целях экономии было решено использовать, где только возможно, готовые технические решения предыдущих космических проектов США. Так на «Магеллане» появились остронаправленная антенна диаметром 3,7 м и радиосистема из программы «Вояджер», система управления и передачи данных, процессор управления ориентацией, бортовые магнитофоны, подсистемы питания - из эксперимента «Галилео». Разработанное специально для «Магеллана» оборудование составляло лишь 30% всей массы космического аппарата. В основном, это радиолокационная система и солнечные панели.

Катастрофа «Челленджера» в 1986 г. серьезно задержала реализацию всей космической программы США, что сказалось и на проекте «Магеллан»: съемка Венеры началась почти на 2 года позже запланированного срока.

## Устройство Магеллана

Стартовая масса «Магеллана» - 3 600 кг, в том числе 2145 кг - твердотопливный тормозной двигатель для перевода станции с пролетной траектории на орбиту вокруг Венеры. Высота станции -



9,1 м, а размах панелей ее солнечных батарей - 6,3 м. Она была оснащена крупногабаритной антенной, которая служила антенной радиолокатора и остронаправленной антенной для связи с Землей. Изображения, получаемые радиолокатором, записывались на борту двумя устройствами емкостью по 1,9 Гбит. Информация от радиолокатора поступала на них со скоростью 806 кбит/с, а передавалась с записи на Землю со скоростью 268,8 кбит/с. Поэтому на каждом витке «Магеллана» вокруг Венеры сеанс радиолокационного зондирования продолжался 37,2 мин, а передача информации на Землю производилась во время двух сеансов (примерно по 57 мин).

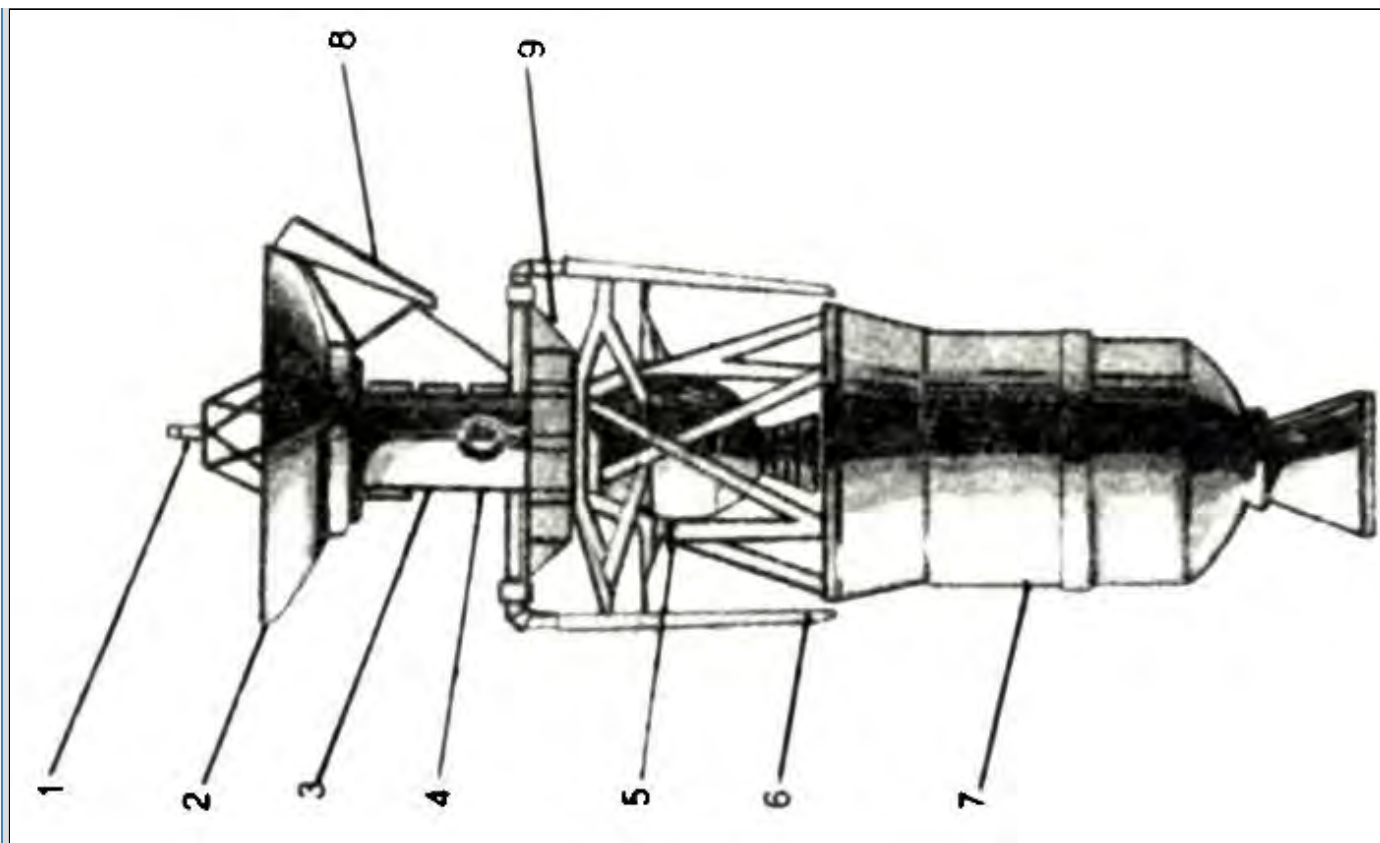
На борту «Магеллана» был установлен единственный научный инструмент - радиолокационная система, с помощью которой предполагалось выполнить и радиолокационную съемку, и измерение профилей высот, и регистрацию естественного теплового радиоизлучения поверхности.



«МАГЕЛЛАН»

В верхней части космического аппарата укреплена чаша антенны с острой диаграммой направленности (ОДН) для радиолокационной съемки и связи с Землей. Передача информации велась одновременно на двух длинах волн: телеметрическая, о состоянии аппарата в S-диапазоне (на длине волны 12,6 см) со скоростью 1,2 килобита в секунду (кбит/с), а в X-диапазоне (3,6 см) со скоростью 268,8 кбит/с транслировались огромные массивы радиолокационных данных. Ширина диаграммы направленности этой антенны -  $2,2^\circ$  в S-диапазоне и  $0,6^\circ$  в X-диапазоне.

Над ОДН-антенной расположена еще одна, небольшая с широкой (до  $90^\circ$ ) диаграммой направленности. Она использовалась для приема команд с Земли в тех случаях, когда ОДН-антенна не может быть направлена точно на Землю. Прямоугольный рупор антенны высотомера расположен сбоку от ОДН-антенны - угол между их электрическими осями равен  $25^\circ$ . Во время съемки она была направлена в находящуюся прямо под аппаратом область поверхности, в то время как радар «освещал» область сбоку от трассы полета. Ширина диаграммы направленности высотомера в боковом направлении -  $29^\circ$ , что позволяло уверенно принимать отраженный от подспутниковой области сигнал при изменении угла обзора поверхности от  $18^\circ$  до  $55^\circ$ .

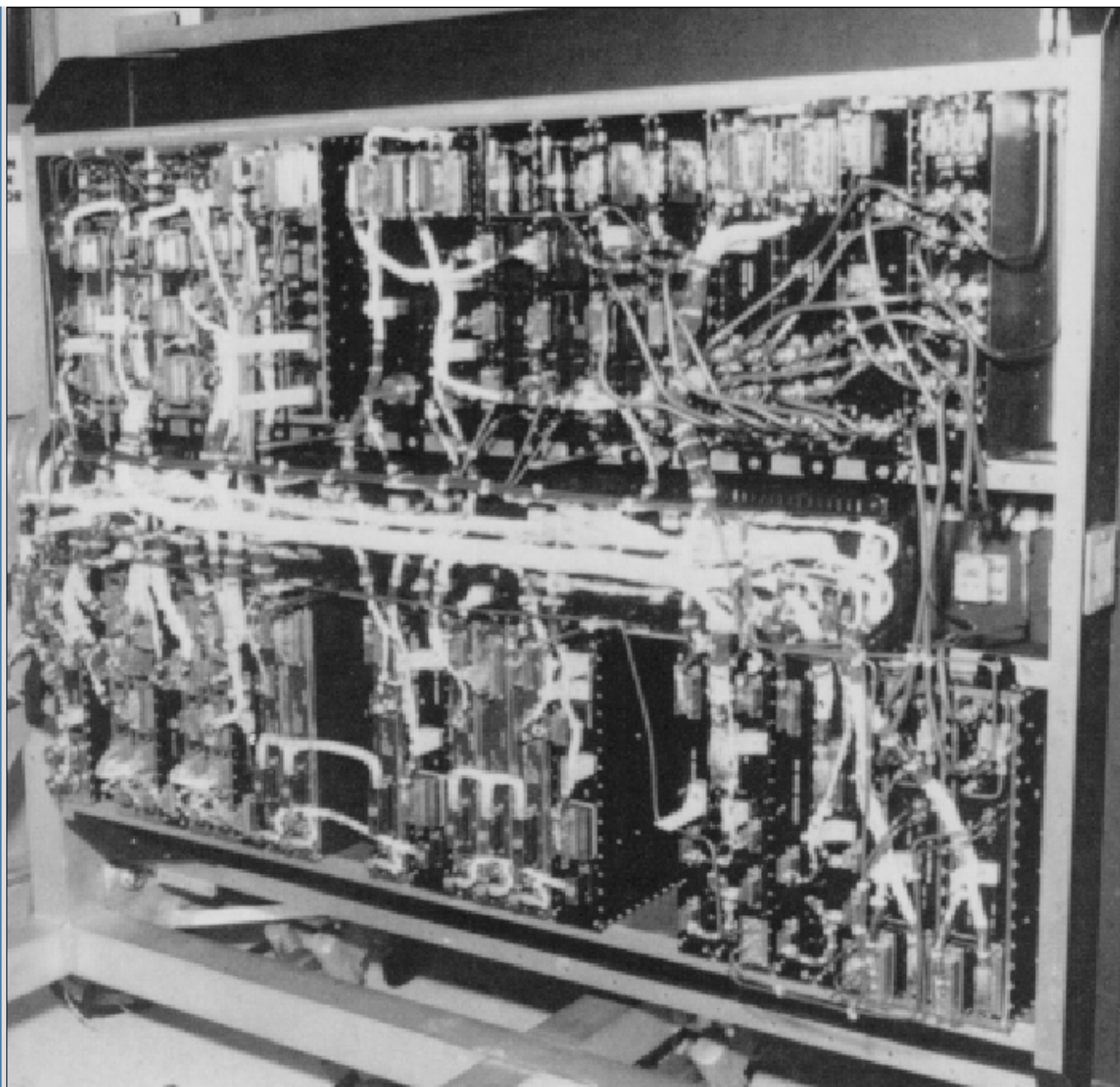


#### Устройство КА «Магеллан»

- 1 - широконаправленная антенна,
- 2 - остронаправленная антенна,
- 3 - передний аппаратный модуль,
- 4 - СДН-антенна,
- 5 - твердотопливный ракетный двигатель,
- 6 - панели солнечных бётарей,
- 7 - разгонный блок,
- 8 - антенна высотомера,
- 9 - аппаратный блок

#### «МАГЕЛЛАН»

Передний, аппаратный, модуль размером 1,7\*1,0\*Х1,3 м располагался под основной антенной. Здесь находилась радиолокационная система, оборудование для радиосвязи, блоки питания. Непосредственно под ним - десятигранный аппаратный блок (разработанный ранее для КА «Вояджер»), содержащий бортовые компьютеры, магнитофоны, систему управления солнечными панелями и некоторые другие узлы. На одной из граней этого блока была размещена антенна конической формы со средней (до 18°) диаграммой направленности. Она использовалась, в основном, для приема команд с Земли и передачи инженерной телеметрической информации во время межпланетного перелета и при выполнении маневра по выходу на орбиту Венеры. По бокам аппарата были установлены две солнечные панели размером 2,5\*2,5 м мощностью 1,2 кВт.



Аппаратурный блок КА "Магеллан"

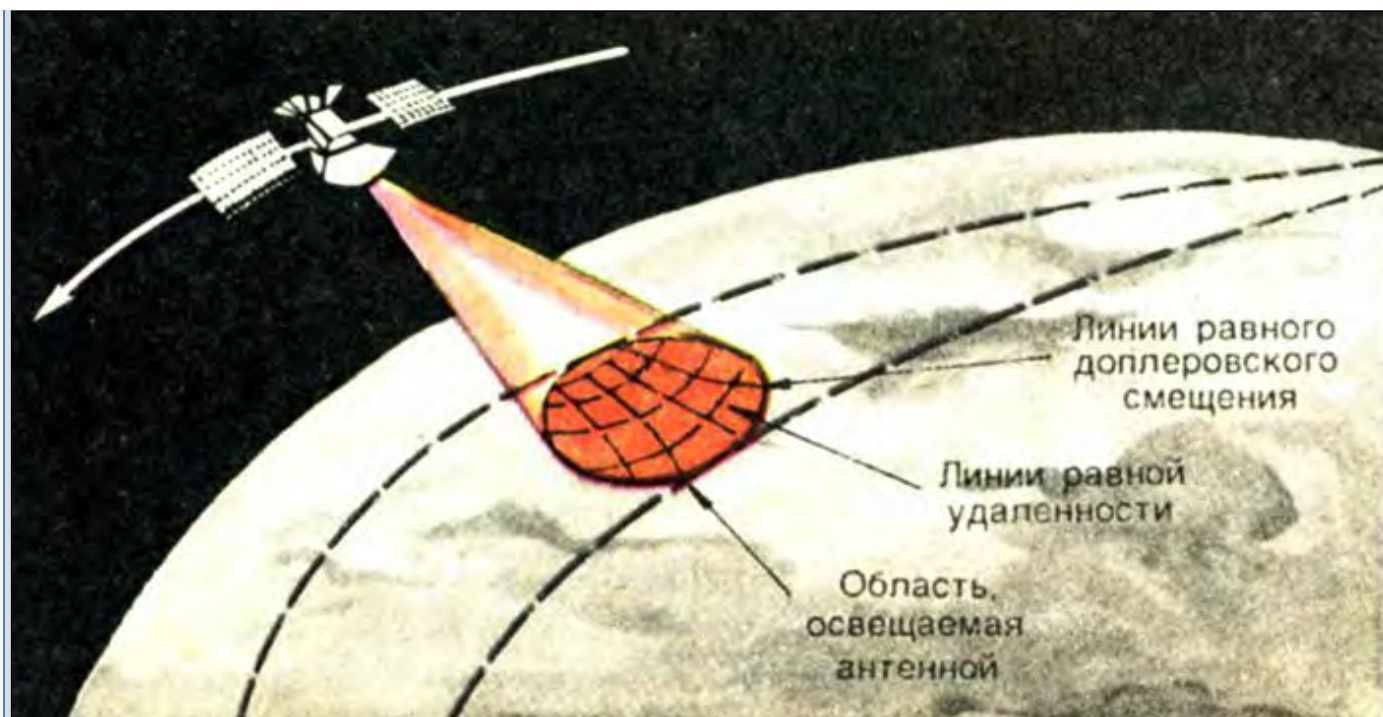
**«МАГЕЛЛАН»**

Твердотопливный реактивный двигатель был предназначен для выполнения коррекций траектории и вывода «Магеллана» на орбиту Венеры. Набор маленьких жидкостных реактивных двигателей использовался для коррекции орбиты непосредственно во время эксперимента. Реактивный буксир IUS (разработан ВВС США и часто применялся для межорбитальных перелетов и других АМС и ИСЗ), пристыкованный к нижней части КА, придал «Магеллану» скорость, необходимую для межпланетного перелета, вскоре после чего буксир был отделен от КА.

**Радиолокационная система**

Использовались три режима: «радар с синтезированной апертурой», «высотомер» и «радиометр». Первые два - активные. Излученный антенной сигнал (S-диапазон) отражается от поверхности планеты и регистрируется в цифровом коде на бортовых магнитофонах. Вариации уровня отраженного сигнала говорят об ориентации отражающей поверхности, ее свойствах и уклонах рельефа. Регистрируя запаздывание отраженного сигнала высотомера, можно вычислять расстояние от аппарата до подспутниковой точки, т.е. строить профиль рельефа.





Двигаясь по орбите, «Магеллан» производил радиолокационную съемку слева от себя по ходу движения.

### «МАГЕЛЛАН»

Площадь облучаемой области поверхности зависит от ширины диаграммы антенны и удаления отражающей области. При работе РЛС в режиме, когда съемка велась в ближайшей к планете точке орбиты, размер пятна составлял около 20-25 км. Для повышения разрешающей способности изображения использовался метод синтеза апертуры, основанный на селекции отраженных сигналов в соответствии с дальностью и радиальной скоростью (доплеровским сдвигом частоты) отражающей поверхности. Линии равного доплеровского сдвига и равной дальности как бы делят облучаемый участок на ячейки, величина которых и определяет разрешающую способность изображения. Для достижения максимального разрешения необходима когерентная обработка отраженных сигналов на интервале времени, превышающем время прохождения сигнала от аппарата до поверхности и обратно. Поэтому радар работал импульсами, чередуя излучение и прием. В течение сеанса из-за эллиптичности орбиты условия съемки (скорость аппарата и его высота) менялись, поэтому для сохранения разрешающей способности менялось и число излучаемых радаром импульсов (интервал когерентной обработки). В режиме высотомера этот интервал меньше времени распространения сигнала до поверхности и обратно. Здесь циклы излучения и приема не перекрывались.

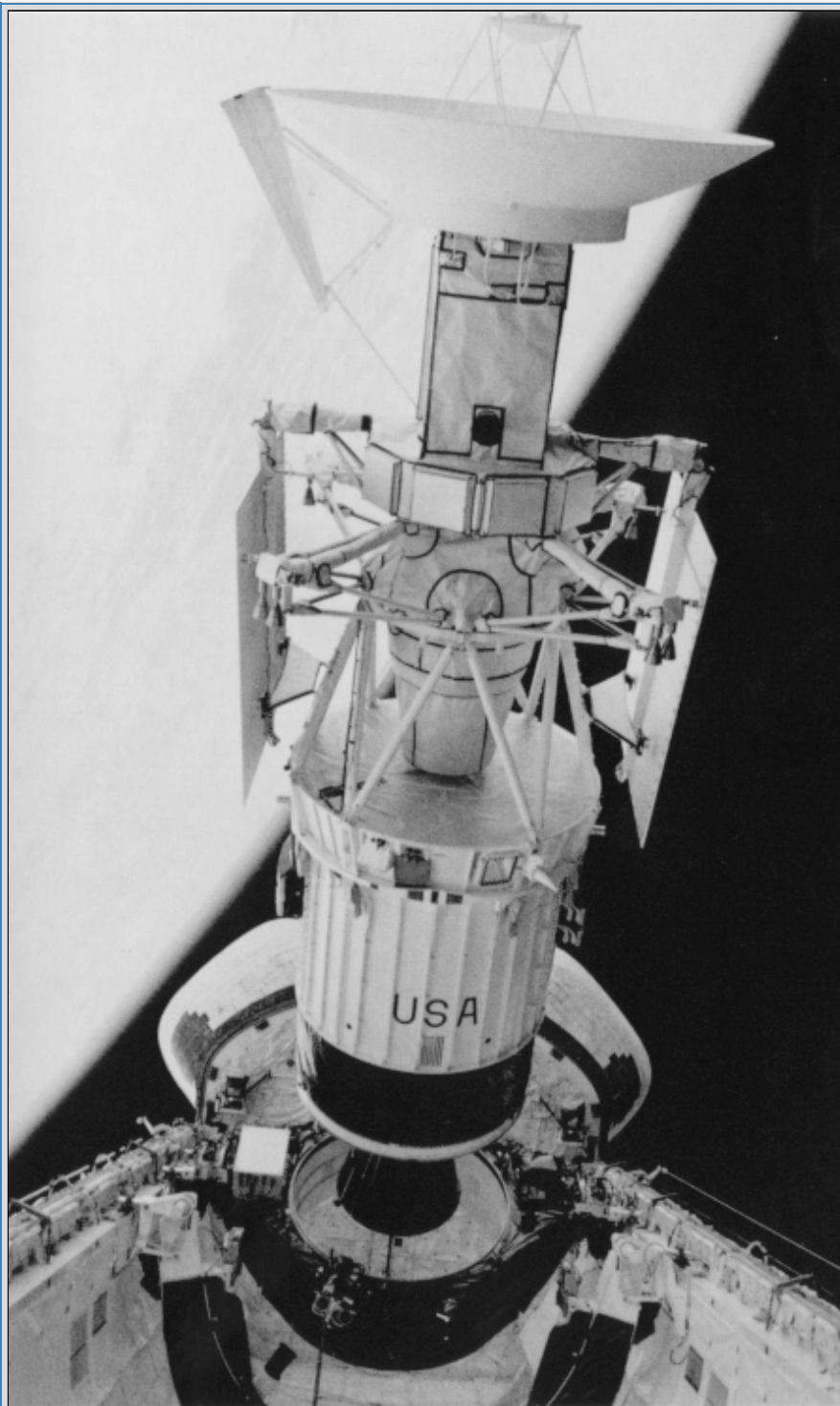
Применение этого метода, помимо всего прочего, позволило достичь небывалого ранее уровня разрешения вдоль трассы полета - до 120 м, а поперек - 120-360 м. При работе же в режиме высотомера разрешающая способность достигает 2-3 км. Некоторые параметры работы радиолокационной системы (число импульсов, частота повторения, период циклограммы) менялись в течение сеанса около 4000 раз по командам бортового компьютера. Набор команд обновлялся в сеансах связи с Землей 2-3 раза в неделю.

Радиометрический режим работы - это пассивный режим, заключающийся в регистрации уровня естественного теплового радиоизлучения поверхности планеты (используется ОДН-антенна).

## Реализация проекта

4 мая 1989 г. для запуска «Магеллана» был использован многоразовый транспортный корабль «Атлантис» серии «Спейс Шаттл» в сочетании с межорбитальным буксиром/разгонным блоком. Этот буксир обеспечил перевод станции с низкой околоземной орбиты, на которую ее вывел шаттл, на траекторию полета к Венере. Энергетические характеристики корабля и буксира были недостаточны для вывода межпланетной станции на «стандартную» траекторию полета к Венере (продолжительность полета четыре месяца), и она совершила перелет по «медленной» траектории (продолжительность полета 15 месяцев и 1,5 млрд км). «Магеллан» прибыл в окрестности Венеры 10

августа 1990 г. Тормозной двигатель перевел станцию на орбиту вокруг Венеры с высотой перигентра 257 км, апоцентра - 8 тыс. км, наклонением  $85,3^\circ$  и периодом обращения 3,15 ч.



Вывод «Магеллана» из отсека транспортного корабля «Атлантис».

#### «МАГЕЛЛАН»

Работа «Магеллана» на орбите началась с планового тестирования и калибровки бортовой аппаратуры. Но кто же мог ожидать, что именно этот этап эксперимента окажется самым драматичным? Передавая данные пробной съемки при выполнении второго теста радара, аппарат потерял связь с Землей, восстановить которую удалось лишь спустя 15 ч. Пятью днями позже, во время очередного сеанса сигнал был вновь потерян. Попытка вызвать аппарат на связь через 4 ч не увенчалась успехом, и только через 18 ч после послышки «вслепую» на борт команд, изменивших порядок выполнения программы бортового компьютера, удалось добиться его управляемости.

Подобные сбои дважды происходили и впоследствии, во время регулярной съемки. Их причина выяснилась лишь через 8 месяцев, когда на Земле отказал дублирующий комплект бортовой аппаратуры. Исследование содержимого памяти компьютера, управляющего ориентацией, выявило

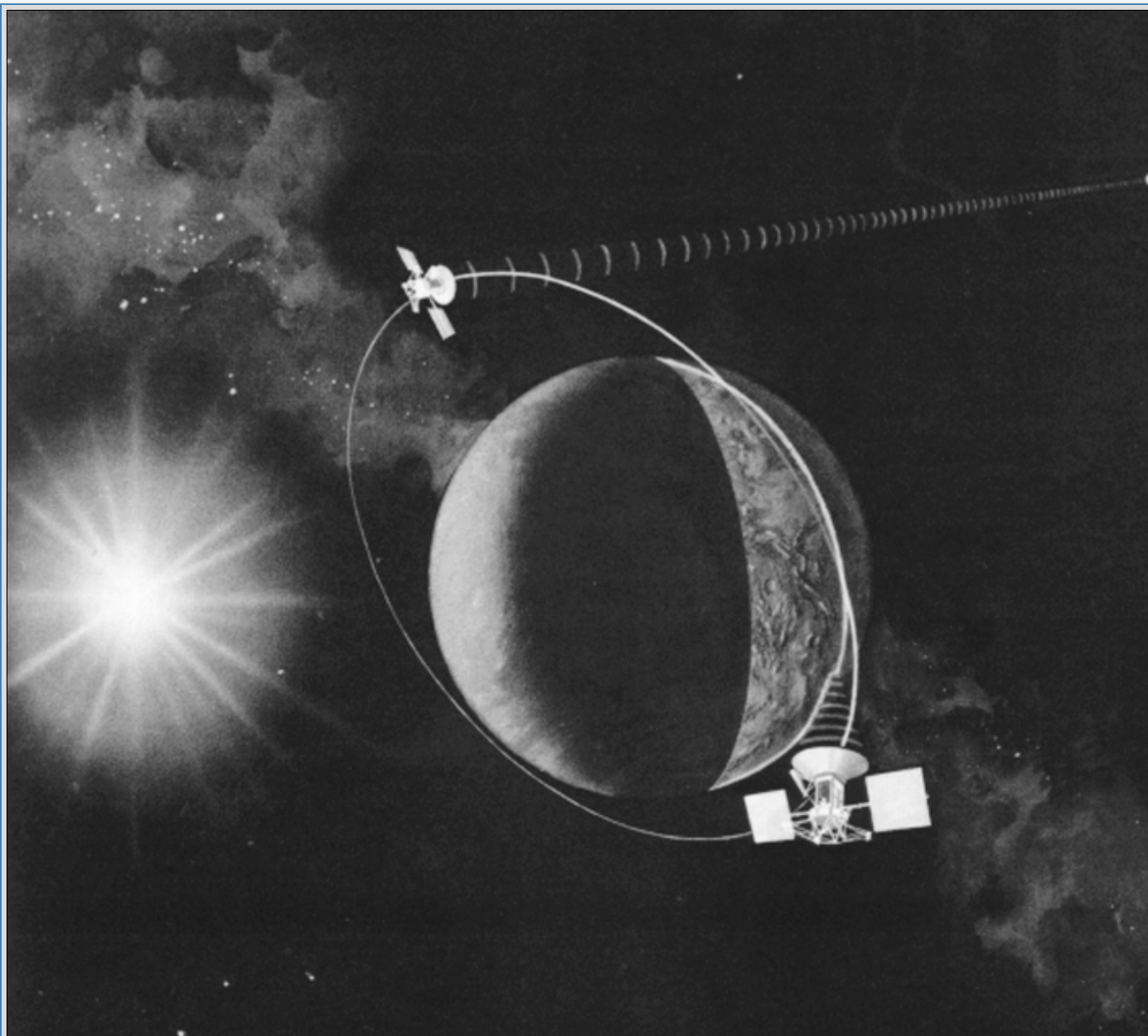


ошибку в программном обеспечении. При некоторых условиях этот компьютер «зацикливался», и аппарат терял ориентацию. Проблема была решена после передачи на борт исправленной управляющей программы.

В целом же, тесты показали исправность бортовых систем и научной аппаратуры, а сеансы пробной съемки подтвердили ожидаемую высокую детальность и качество изображений.

Регулярная радиолокационная съемка началась 14 сентября 1990 г. Она выполнялась, когда аппарат, двигаясь по вытянутой эллиптической орбите, находился в ближайшей к планете ее части. За 37 мин «Магеллан» снимал полосу поверхности (слева по ходу движения) шириной 25 км и длиной около 16 000 км. Одновременно проводились измерения высоты аппарата над поверхностью и регистрация естественного теплового радиоизлучения. За это время угол обзора поверхности радиолокатором плавно менялся. В перицентре он равен  $50^\circ$ , а в районе полюсов, где съемка велась с высоты 2100 км, угол уменьшался до  $18^\circ$ . При этом отраженный сигнал не ослабевал с удалением аппарата от планеты.

После завершения съемки «Магеллан» совершал разворот, направляя антенну радиолокатора на Землю, и в течение 112 мин передавал информацию с магнитных накопителей. Бесперебойный прием этих данных обеспечивался слаженной работой трех станций сети дальней космической связи, расположенных близ Канберры (Австралия), Мадрида (Испания) и в Голдстоуне (США).



Художественное представление работы радара «Магеллана»

#### «МАГЕЛЛАН»

Цифровая обработка данных, включающая синтез апертуры, некогерентное накопление сигнала и построение полосы изображения в синусоидальной проекции, выполнялась в Лаборатории

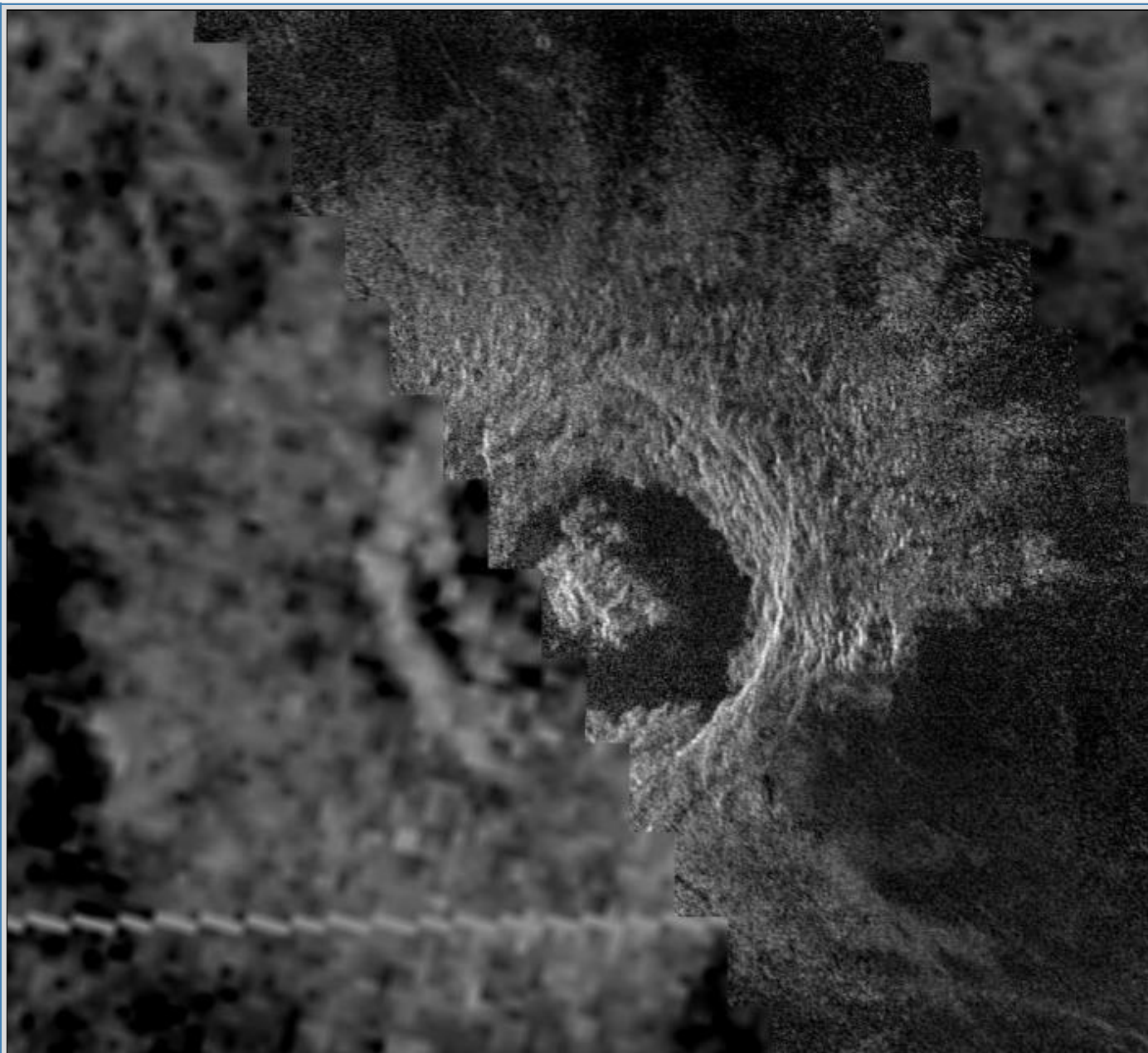
Реактивного Движения. Данные высотомера и радиометрические наблюдения анализировались специалистами центра космических исследований Массачусетского технологического института (Кембридж, США).

За время между сеансами съемки Венера успевала повернуться на некоторый угол. Поэтому период орбиты КА был выбран так, что соседние полосы имели некоторое перекрытие. В районе экватора оно незначительно, а в более высоких широтах, естественно, больше.

К 15 мая 1991 г., через 243 дня после начала регулярной съемки, Венера совершила полный оборот относительно плоскости орбиты аппарата (пространственная ориентация плоскости орбиты спутника практически не изменяется при отсутствии внешних воздействий).

Основная задача первого цикла - планомерная, с минимальным количеством пропусков съемка, - была выполнена. В 1800 сеансах было исследовано 84% поверхности от северного полюса до 80° ю. ш. По оценкам руководителей эксперимента, полученная информация превысила объем данных всех предыдущих планетных экспедиций.

Однако столь сложный эксперимент не мог пройти без проблем. Так, ненадежная работа одного из бортовых магнитофонов привела к потере данных нескольких десятков сеансов съемки. Экранирующие свойства солнцезащитного покрытия-аппарата ухудшились значительно больше, чем предполагалось. Вследствие этого при определенных взаимных положениях «Магеллана», Земли и Солнца аппарат так перегревался, что приходилось укорачивать сеансы съемки и связи. Ошибка в программе компьютера управления ориентацией аппарата привела к потере 18 сеансов. Были и менее существенные потери.



На этом снимке кратера Голубкина хорошо видна разница в детальности изображений, переданных



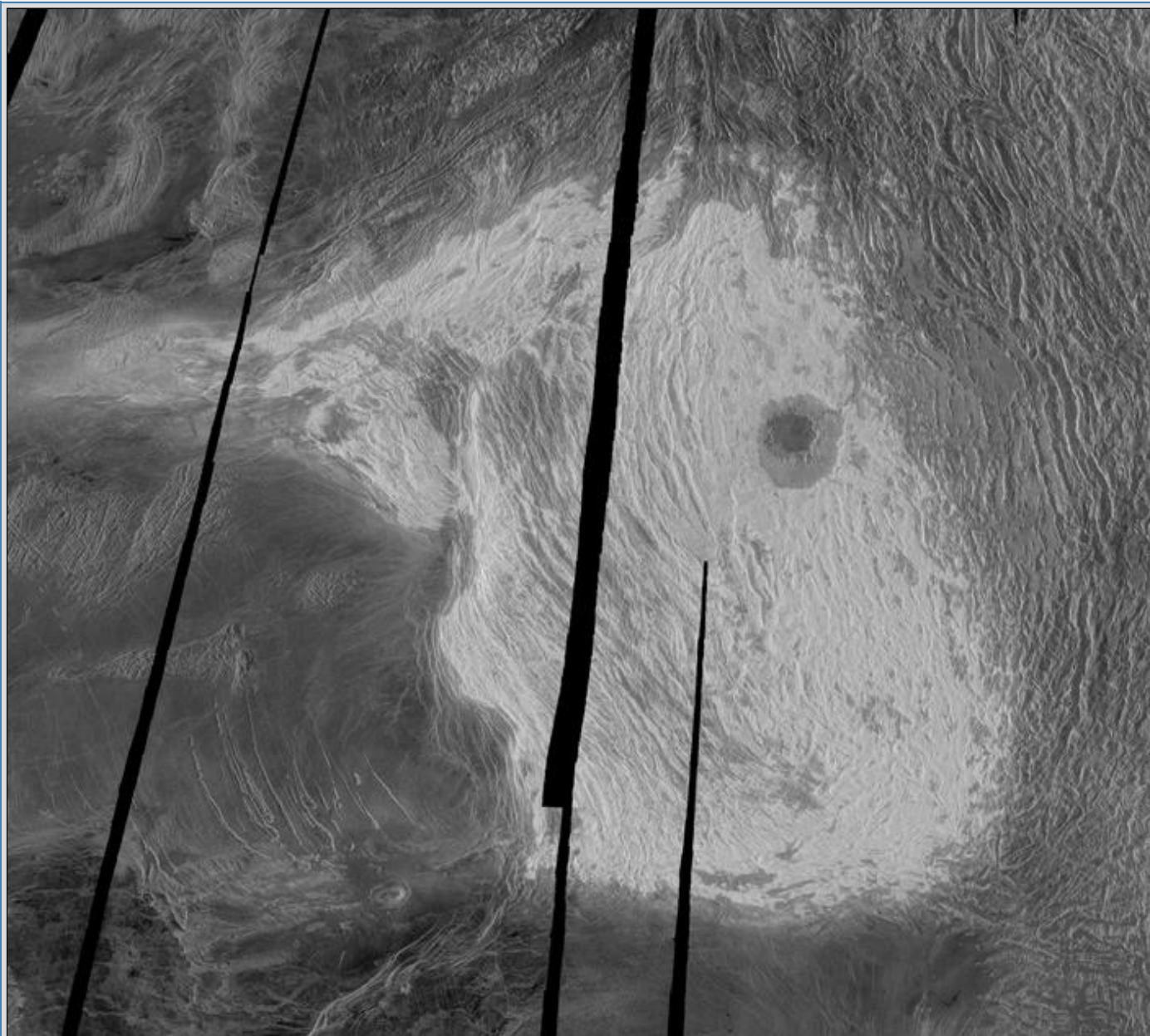
советскими «Венерами-15 и -16» и «Магелланом». На более отчетливом изображении «Магеллана» разрешение достигает 120 м. Кратер 340 км в диаметре. Центр с координатами 60,5° с.ш. и 287,2° в.д. Ровность дна кратера может быть из-за застывших лавовых потоков, затопивших его. Блочная морфология и террасы на валу кратера указывают на его относительную молодость.

### «МАГЕЛЛАН»

Основной задачей второго цикла стала съемка наиболее крупных пропусков первого цикла. Кроме того, осуществлена съемка южного полюса. Был проведен ряд тестов, проверяющих нестандартные режимы работы радиолокатора. Второй цикл работы «Магеллана» завершился 15 января 1992 г. К этому времени съемка охватила 95% поверхности Венеры.

## Что же нового обнаружено на Венере?

Сравнивая изображения северной полярной области, полученные «Магелланом» и «Венерами», можно заметить, что области с сильно пересеченным рельефом выглядят одинаково, несмотря на различие в величине углов обзора и направления съемки. Однако преимущество на порядок лучшей детальности изображений «Магеллана» очевидно. Ясно различимая на изображениях «Магеллана» зона ударного выброса вокруг гигантского кратера Кеопатра на склоне гор Максвелла стала одним из основных доводов, решивших многолетний спор ученых о его природе.



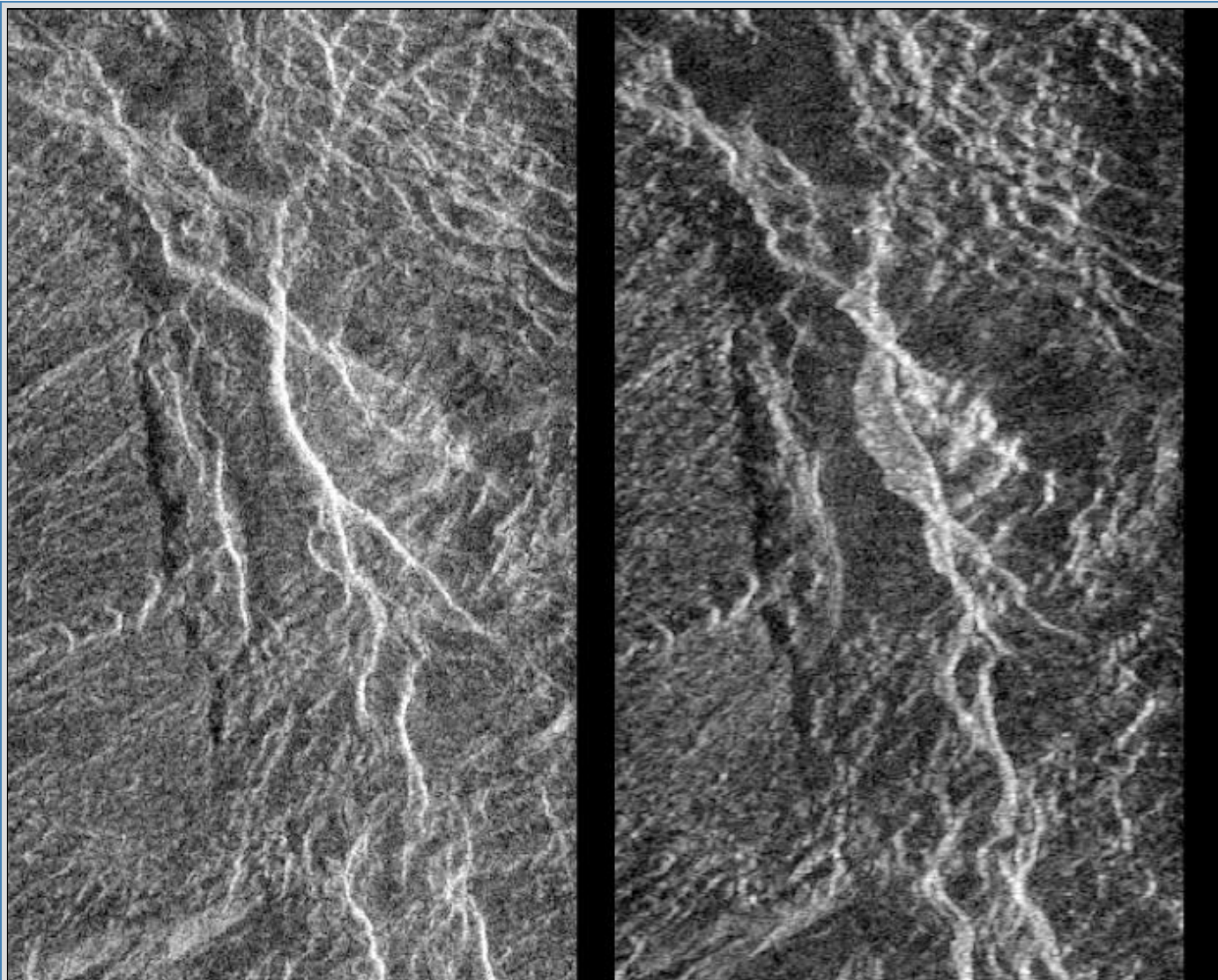
### Кратер Клеопатра

Центр с координатами 65° с.ш. и 6° в.д. Горы Максвелла самые высокие на Венере и поднимаются на



высоту в 11 км. Западный склон (слева) очень крутой, в то время как восточный склон пологий и спускается к тессере Фортуны. Широкие хребты и долины, на склонах гор Максвелла и Фортуны, стали результатом геологического сжатия. Большая часть поверхности гор Максвелла на радарных снимках светлая, в основном такая окраска характерна для больших высот на Венере. Считается, что это связано с присутствием хорошо отражающего радарный луч материала, такого как пирит. При этом самая высокая область в горах Максвелла менее яркая, чем окружающие ее склоны, это указывает на то, что данное явление ограничено конкретным диапазоном высот. Давление, температура и химия атмосферы изменяются с высотой; породы ответственные за яркий окрас, вероятно, устойчивы только в определенном диапазоне атмосферных условий и, следовательно, на определенных высотах. На восточном склоне гор Максвелла выделяется кратер Клеопатра, это образование с двойным кольцом диаметром около 100 км и глубиной 2,5 км. Глубокий канал шириной в несколько километров отходит по пересеченной местности из кратера Клеопатра. Большое количество лавы, выходящей из Клеопатры, протекало в сторону тессеры Фортуна и заполняло долины в ее пределах. Поскольку Клеопатра лежит поверх гор Максвелла и кольцо не деформировано, можно сделать вывод, что образование относительно молодое.

#### «МАГЕЛЛАН»



Группа сотрудников Лаборатории реактивного движения в Пасадене (США), возглавляемая Дж. Плотом, обрабатывая радиолокационные изображения поверхности Венеры, обратила внимание на изображения экваториального плато Терра Афродита. Поместив в стереоскоп два снимка этого плато, сделанных в ноябре 1990 г. и в июле 1991 г., ученые надеялись получить трехмерное изображение имеющихся здесь крупного утеса и долины, представляющей сильно пересеченную местность. Однако на деле яркое пятно в основании долины, четко различимое на снимке 1991 г., на более раннем изображении отсутствовало.

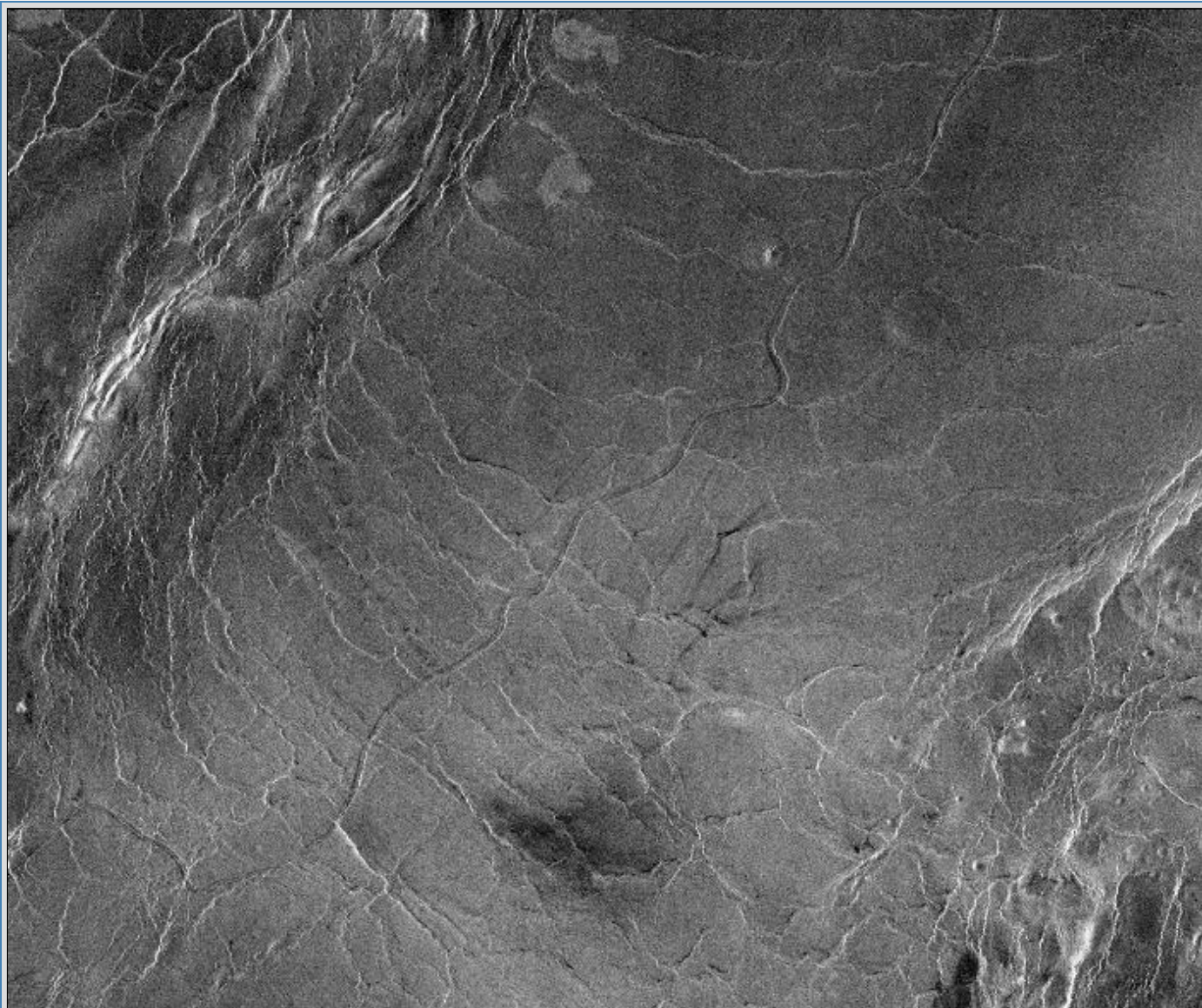
Дж. Плат предположил, что в какой-то момент в пределах восьмимесячного интервала, разделяющего эти два снимка, со склона утеса сошла крупная каменная лавина, ширина которой превышала 1,5 км, а длина составляла около 7 км. Ученый высказывает мнение, что первопричиной подобного события могло быть «венеротрясение» или же образование нового разлома поверхности планеты. При этом должно было



выделиться такое же количество энергии, как бывает при землетрясении магнитудой 5 по шкале Рихтера. Очевидно, что за последние несколько миллионов лет здесь происходило немало вулканических извержений, но подобные события «на глазах» ученых наблюдаются впервые.

#### «МАГЕЛЛАН»

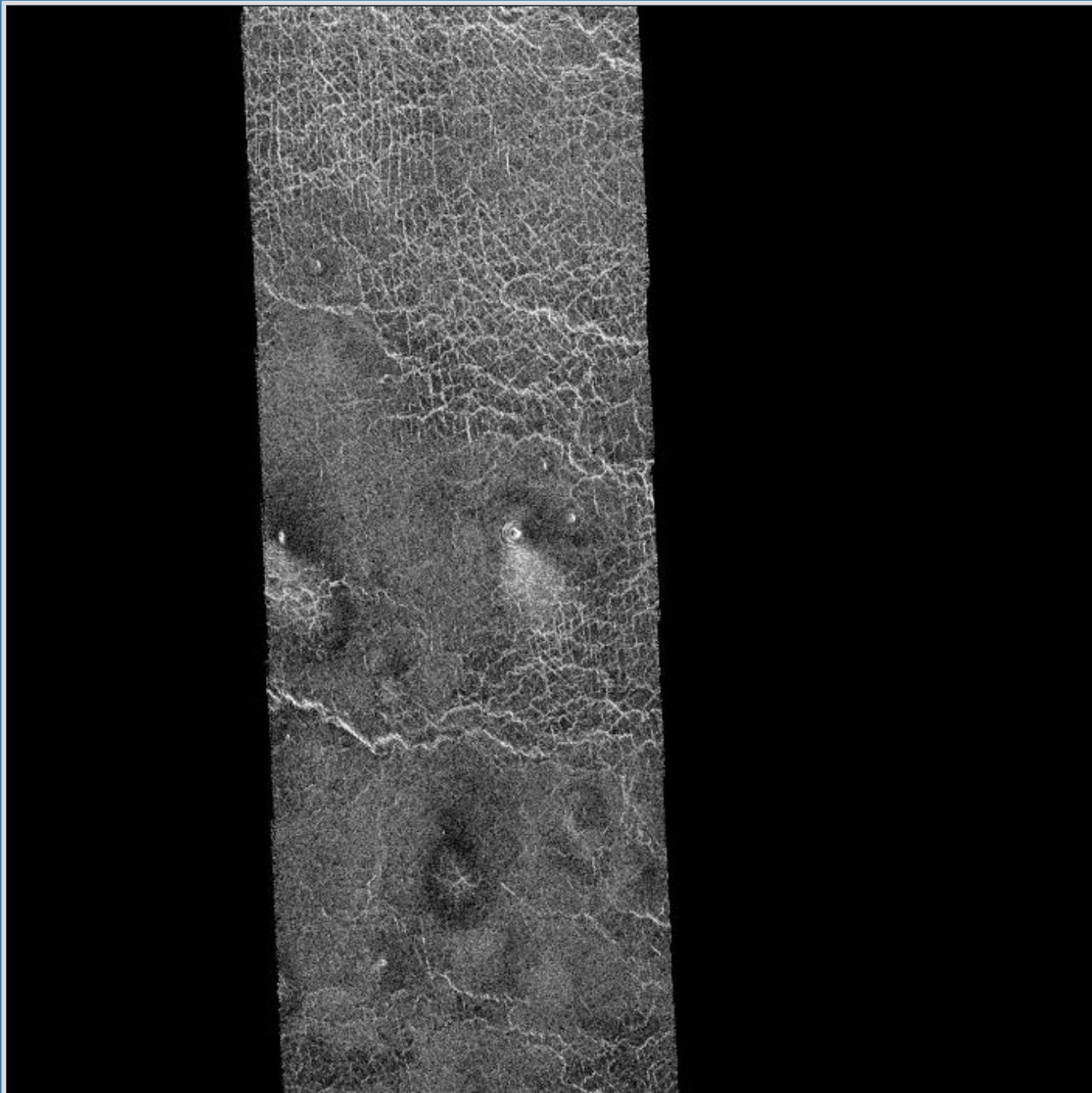
Существенно отличаются друг от друга изображения холмистых равнин и гладких лавовых низменностей. Главная причина - угол обзора на «Венерах» был около  $10^\circ$ , а на «Магеллане» - более  $18^\circ$ . Дело в том, что при малых углах обзора радиолокатор более чувствителен к крупномасштабным уклонам поверхности, а при больших - подчеркивает резкие перепады рельефа, разломы, трещины, мелкомасштабную ее шероховатость.



На изображениях равнинной области Венеры обнаружен чрезвычайно длинный «канал», вытянувшийся почти на 6750 км. Его «истоки» лежат в экваториальном нагорье к западу гор Атла. Далее он, изгибаясь, следует в северном направлении, пока не достигает крупного бассейна, именуемого Атланта. Еще в 1984 г. советская межпланетная станция «Венера-15» впервые обнаружила отдельные отрезки этого «канала», теперь же он зафиксирован с высокой разрешающей способностью приборами «Магеллана».

Данные «Магеллана» говорят о том, что на равнинах Венеры имеются и другие подобные «каналы», хотя и более короткие. Скорее всего, они были проложены потоками расплавленных вулканических пород. Однако пока неясно, каким образом лавовый поток мог сохранять свою текучесть на столь больших расстояниях от источника. Еще одна загадка - совершенно одинаковая ширина этого канала, составляющая 1,75 км на всем его протяжении, несмотря на пересеченную местность, изобилующую хребтами и ударными кратерами. Высказывается предположение, что вся эта местность была значительно более ровной ко времени образования гигантского «канала».

#### «МАГЕЛЛАН»

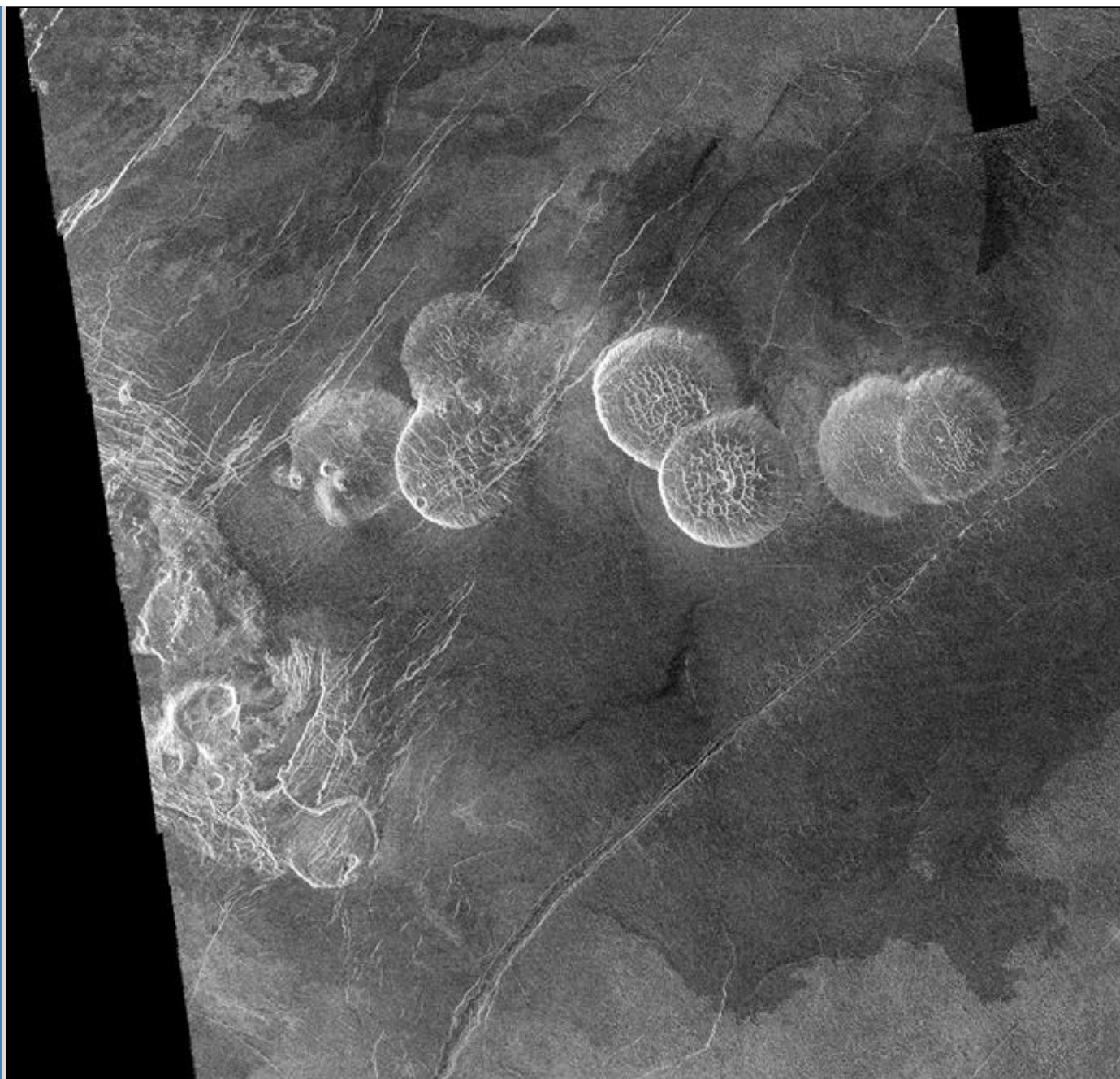


На снимке участка поверхности Венеры (40\*112 км, север вверху) видны возможные следы вулканических выбросов (светлые шлейфы, протянувшиеся от гор в центре снимка). Подобные образования известны и на Земле. Район горы Ушас.

#### «МАГЕЛЛАН»

Отличное качество изображений, переданных «Магелланом», позволило обнаружить новый тип вулканических образований на Венере - лавовые купола 20 км в диаметре и 1 км в высоту, образованные излиянием вязкой лавы и условно названные «блинами». На изображениях, полученных по результатам съемки с «Венер», они были едва заметны и не привлекли внимание исследователей.





### **Восточный край Региона Альфа**

Центр с координатами 30° ю.ш. и 11,8° в.д. Семь круглых куполообразных холмов, в диаметре в среднем достигающие 25 км с максимальной высотой в 750 метров, преобладают на снимке. Это вязкие лавовые потоки, поступающие из-под относительно ровной поверхности, что позволяет им растекаться равномерно в форме блина. Сеть трещин и разломов на вершинах этих холмов показывает, что внешний слой лавовых потоков успел остыть и затвердеть, но лава, продолжающая подниматься снизу растягивает купол. Еще одна версия их происхождения утверждает, что магма снизу приподняла поверхностный слой вверх, а затем отступила назад, образовав разломы в куполах. Более яркий цвет куполов указывает на большое количество обломков и камней на их поверхности. Некоторые трещины и разломы на поверхности разрезают купола, а другие, по-видимому, наоборот перекрываются ими.

### **«МАГЕЛЛАН»**

На поверхности планеты имеются полосы - следы ветров с подветренной стороны топографических возвышений. Изучение направлений этих полос дает представление о циркуляции атмосферы в приповерхностном слое. Подтвержден вывод, сделанный ранее советскими учеными, что геологическое строение поверхности Венеры в основном определяется вулканическими и тектоническими процессами. Геологическое строение четверти площади планеты, отснятой «Венерами-15 и -16», типично для всей планеты.



Изображение, полученное с помощью радарного высотомера, позволяет рассмотреть подробно участок поверхности к юго-востоку от области Бета. Видны следы сильной вулканической деятельности - овальная область слева усеяна мелкими кратерами, каждый из которых имеет размер от 2 до 5 км. В центре снимка выделяется вулкан с усеченной вершиной примерно 25 км в диаметре. Его склоны «изъедены» многочисленными оползнями. В восточной (правой) части видны понижения, образовавшиеся в результате истечения магмы и последующего проседания поверхности. Юго-восточные склоны одного из вулканов (справа) не выдержали натиска лавы, потоки которой отнесли его центральную часть на многие километры. В верхней части снимка виден также необычный кратер, имеющий четкие склоны и широкое плоское дно.

«МАГЕЛЛАН»

## Карта Венеры

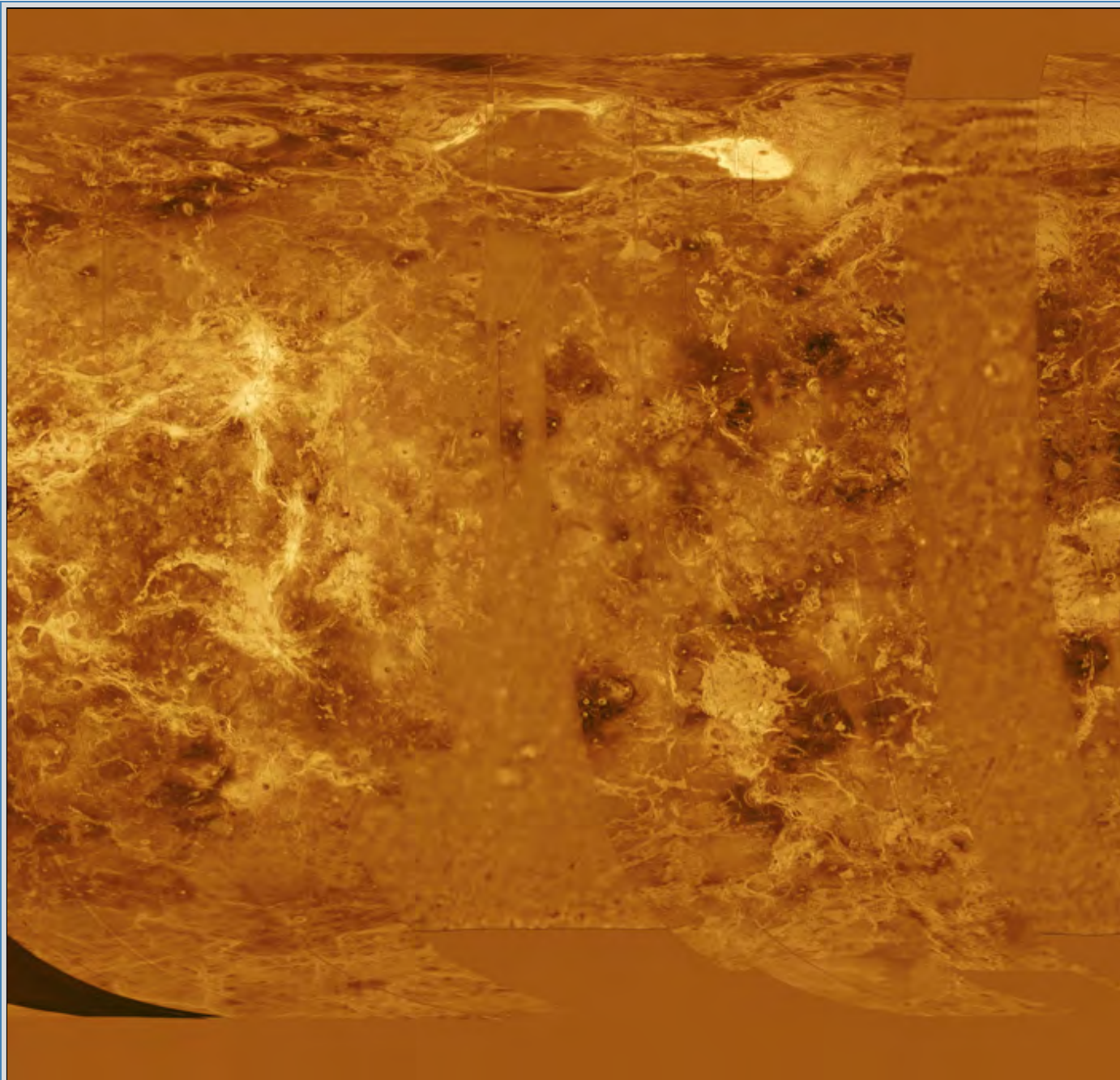
14 сентября 1992 года закончилось картографирование поверхности Венеры - как раз за день до двухлетней годовщины начала работы станции. После 5300 витков вокруг Венеры на Землю поступили данные о 99% всей поверхности этой планеты. К этому времени космический аппарат и специалисты на Земле дважды «покрыли» всю ее поверхность радиолокационной съемкой. Радар с синтезированной апертурой, находящийся на борту КА, позволил получить изображения поверхности с недостижимым ранее разрешением - 120 м. На Землю были переданы многие тысячи изображений, охватывающих Венеру от полюса до полюса. Миссия оказалась чрезвычайно плодотворной, ведь поначалу планировалось просканировать только около 70% поверхности. Этот успех стал возможным благодаря самоотверженной работе группы ученых, поскольку программу действий часто приходилось перестраивать «на ходу».

В январе 1992 г. возникли проблемы с модуляцией передаваемого на Землю радиосигнала, перестал работать передатчик. А его двойник работал с капризами - при повышенной температуре к полезной информации примешивался шум, заставивший в июле руководителей проекта на время выключить передатчик совсем и побережь для картографирования оставшейся части планеты. Помимо этих технических трудностей проекту угрожали и материальные.

Несмотря на все это основную задачу «Магеллан» выполнил. Ученые смогли получить первую полную карту Венеры, которая была опубликована в начале 1993 года. Два изображения расположенные ниже, - две части единой мозаики, на которых запечатлена вся поверхность Венеры. Это - результат компьютерной обработки данных радиолокационной съемки, выполнявшейся в ходе

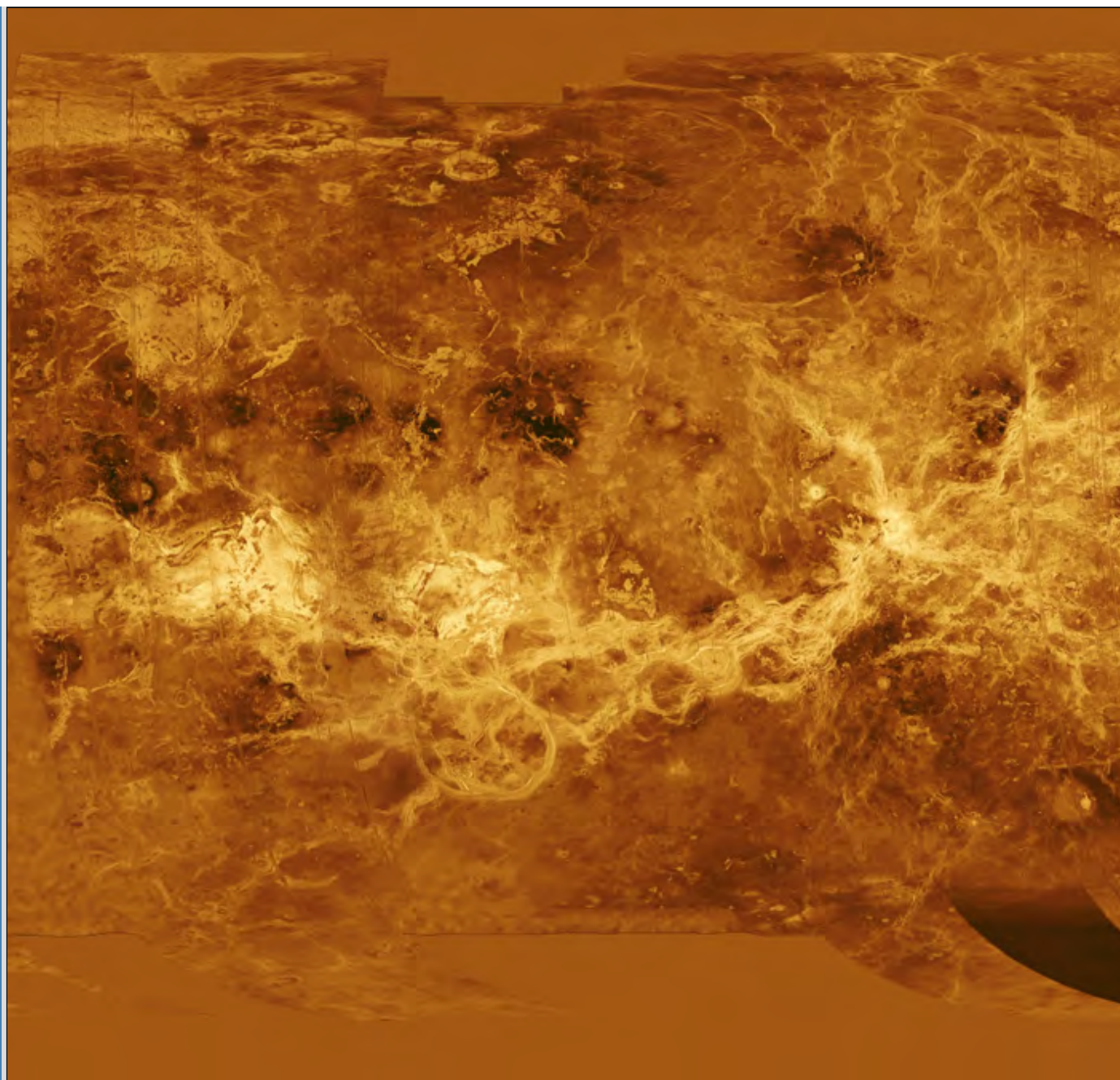


первого цикла работы «Магеллана» на около-венеианской орбите. Оно состоит из сотен узких полос шириной около 25 км, которыми радар «Магеллана» виток за витком покрывал всю поверхность планеты. По широте изображение охватывает планету от северного до южного полюса, а по долготе - верхняя половина соответствует полушарию с границами 240° и 67° в. д., нижняя - 52,5° и 240° в. д.



«МАГЕЛЛАН»

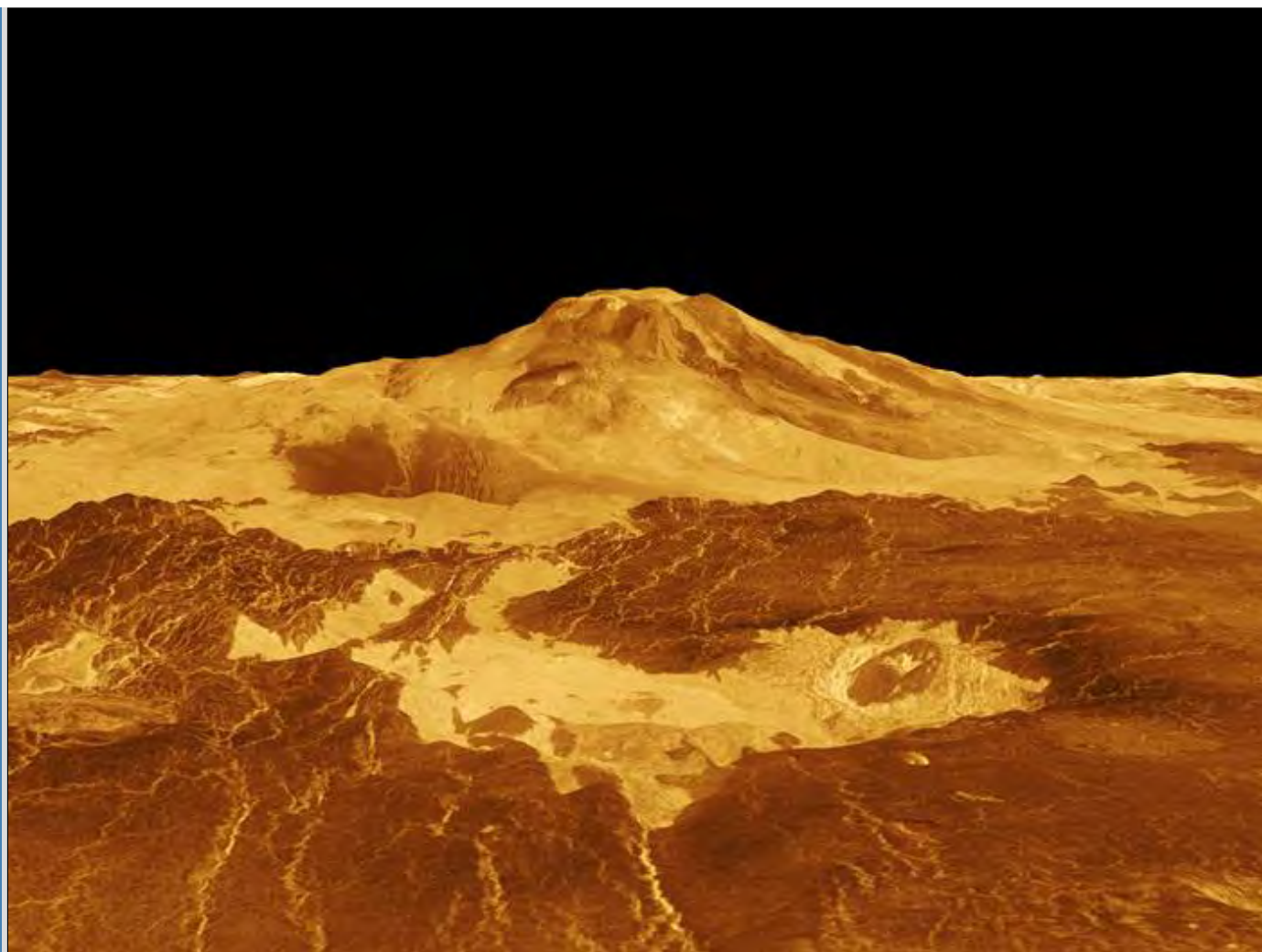




### «МАГЕЛЛАН»

По техническим причинам часть данных первого цикла съемок оказалась утраченной, из-за чего в изображении возникли пропуски. Их заполнили данными радиолокационной съемки, выполненной в 1980 г. с борта американских станций «Пионер-Венера» (видны как полосы со значительно меньшим разрешением). Цветовая гамма изображений соответствует реальной окраске грунтов планеты. Эти цвета известны нам по панорамам, переданным в 1982 г. станцией «Венера-13» и «Венера-14», совершивших посадку поверхность Венеры.

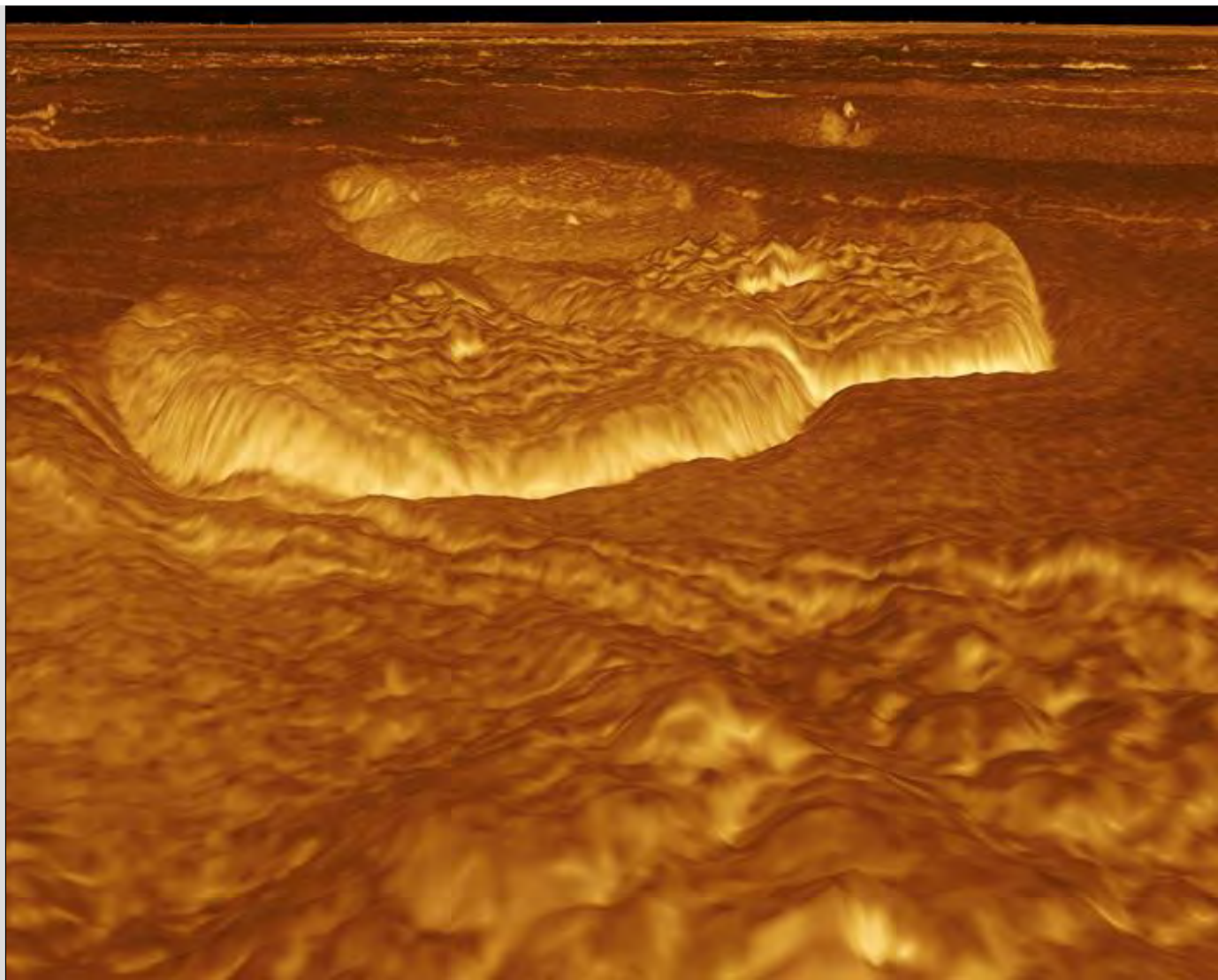
На основе полученного массива данных с помощью компьютера ученым из Лаборатории реактивного движения в Калифорнии, занимающимся реализацией проекта, удалось получить объемные модели различных ландшафтов планеты. Для усиления эффекта восприятия вертикальный масштаб на них увеличен в 22,5 раза. Цветовая гамма для конечных изображений выбиралась с учетом цветных снимков поверхности, переданных на Землю спускаемыми аппаратами советских межпланетных станций «Венера-13» и «Венера-14». Приведем несколько примеров таких моделей:

**Гора Маат - вулкан высотой около 8 км**

Лавовые потоки, стекающие с его склонов, простираются на сотни километров во все стороны (на радиолокационных изображениях они получаются более светлыми). Глаз наблюдателя как бы расположен на высоте 1,7 км над поверхностью планеты, на расстоянии 560 км к северу от вершины горы.

«МАГЕЛЛАН»



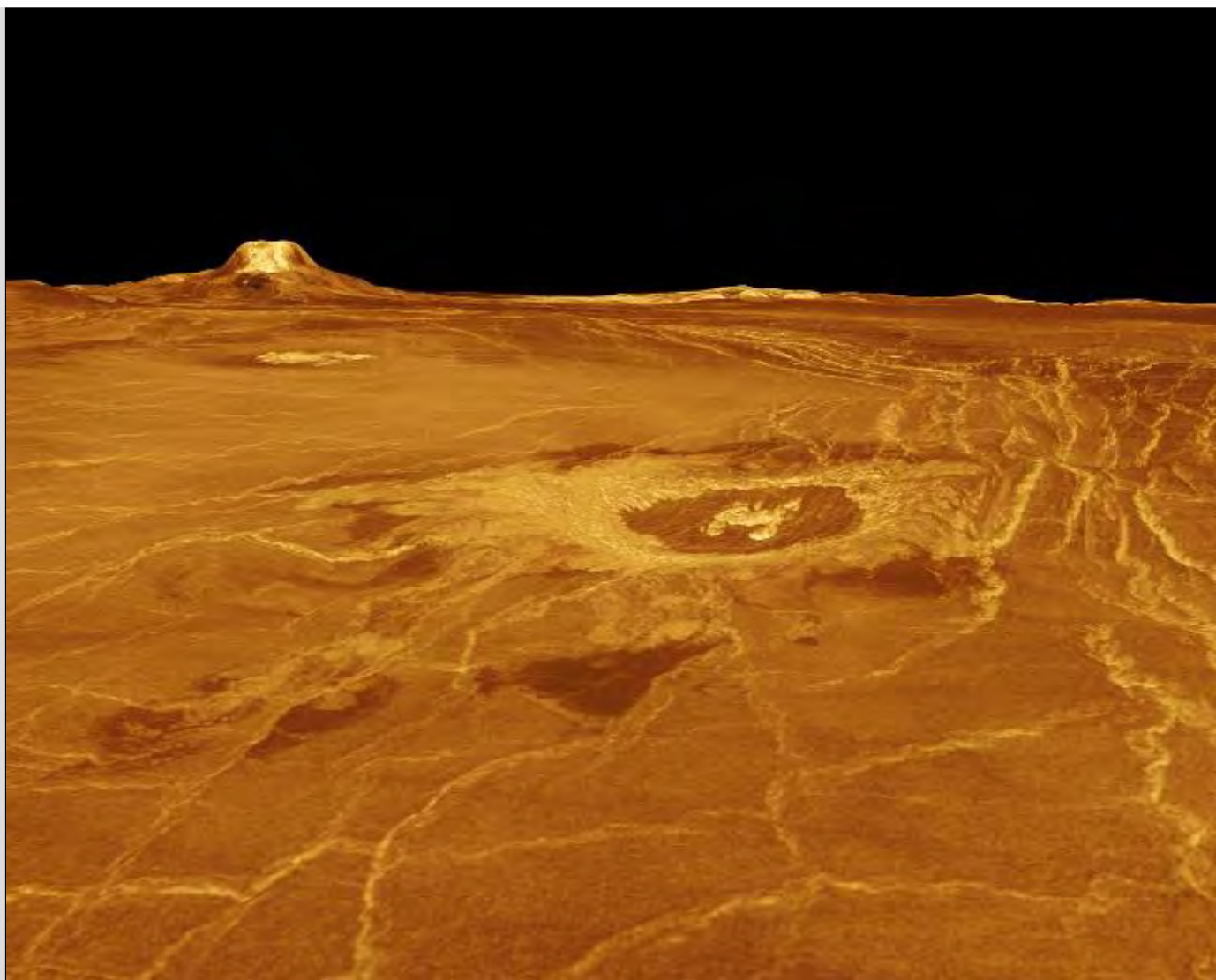


#### **Часть восточного края области Альфа**

Наблюдатель находится на высоте 2,4 км над точкой с координатами 30° ю. ш. и 11,8° в. д. Видны три круглых куполообразных холма с сильно рассеченными вершинами, каждый из которых имеет диаметр около 25 км и высоту до 750 м. (Это часть цепочки из семи подобных образований, показанных на черно-белом снимке). Подобные структуры могут быть результатом излияний лавы из трещин в коре планеты, появившихся на относительно ровной поверхности. Сложный комплекс трещин на вершинах куполов мог возникнуть в результате подъема свежих порций лавы. Другая версия: расплавленная магма, приподнявшая верхний слой коры, охлаждаясь, опускается на глубину, а образовавшиеся купола при этом покрываются сетью трещин.

«МАГЕЛЛАН»

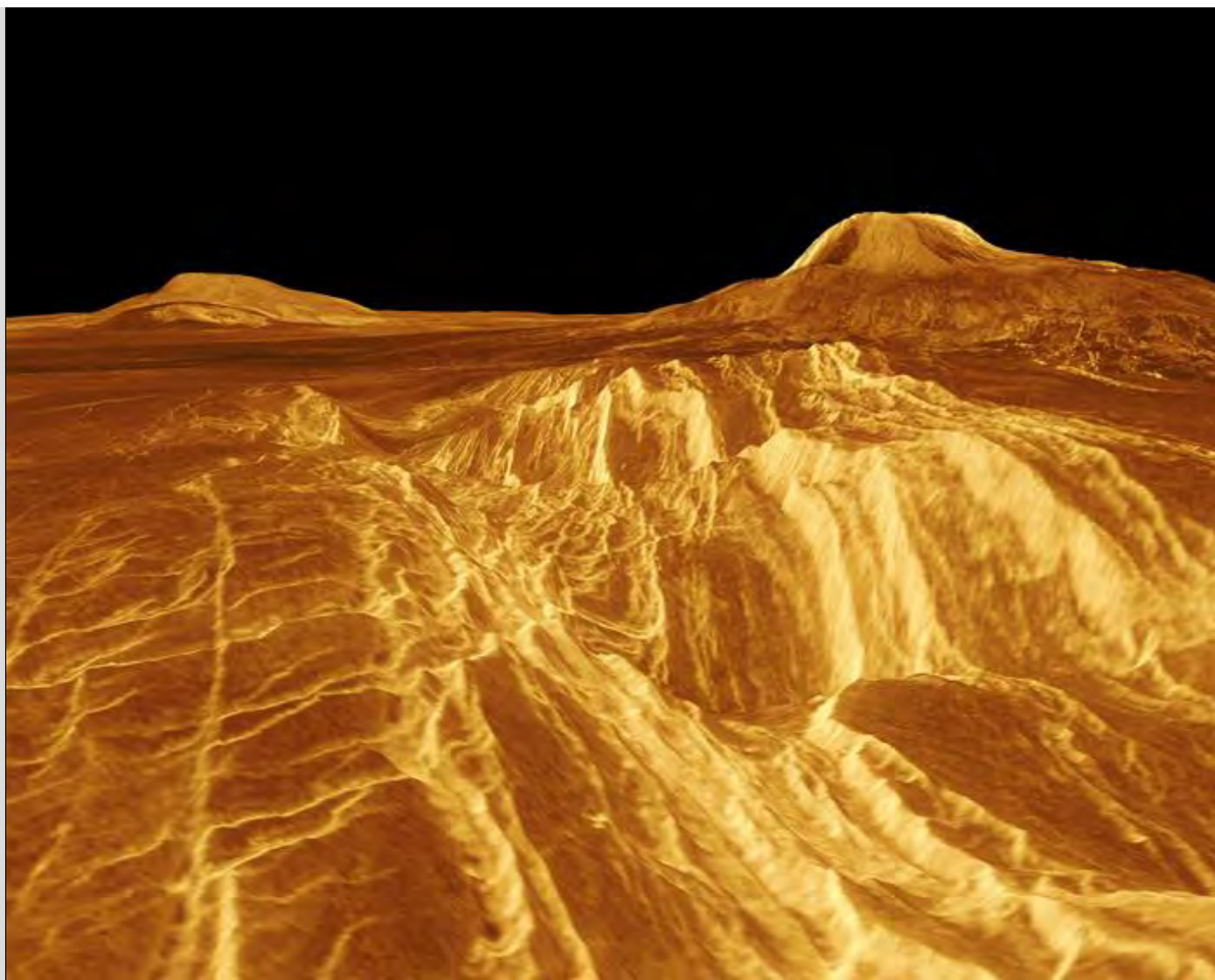




**Гора Гула и кратер Куниц (на переднем плане).**

Точка наблюдения находится на высоте 1,6 км над поверхностью области Эйстма, на удалении 1310 км на запад от горы. Гула - вулкан высотой 3 км ( $22^{\circ}$  с. ш и  $359^{\circ}$  в. д). Ударный кратер назван в честь астронома и математика Марии Куниц. Его диаметр 48,5 км ( $14,5^{\circ}$  с. ш. и на  $350^{\circ}$  в. д).

**«МАГЕЛЛАН»**

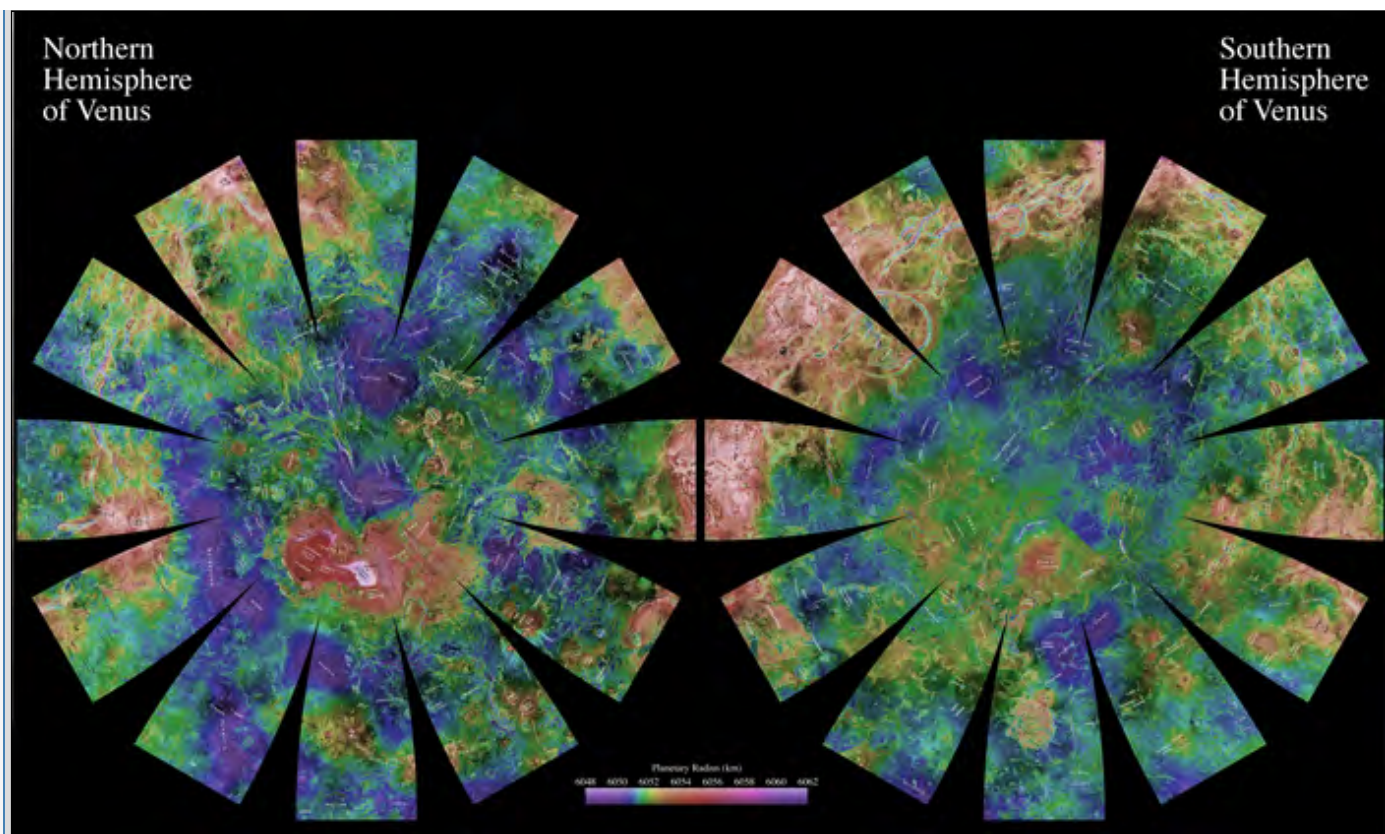
**Часть области Западная Эйтла**

Наблюдатель находится на высоте 1,2 км на расстоянии 700 км к юго-востоку от горы Гула (видна справа на горизонте). Слева вдали - гора Сиф. Это вулкан, достигающий 2 км высоты, его диаметр около 300 км в диаметре.

**«МАГЕЛЛАН»**

Создание подробной карты помогло лучше понять геологию Венеры. На планете имеется сравнительно немного кратеров, но часто встречаются образования вулканического происхождения (лавовые равнины и т. д.). Поверхность Венеры является молодой по геологическим меркам - менее 800 млн лет. «Магеллан» обнаружил множество интересных особенностей (например, протяжённые «протоки» сверхвязкой лавы). Как ни странно, на Венере (в отличие от Марса) не обнаружено значимых признаков ветряной эрозии, а атмосферный перенос пыли и песка имеет ограниченный характер.





### Северное и южное полушарие Венеры

Карта является кульминацией 10 летних радарных исследований поверхности планеты. Более 98% поверхности Венеры отснято Магелланом, оставшееся пространство на севере заполнено изображениями с Венеры-15 и -16, а также данными полученными радиотелескопом Аресибо. Названия на карте утверждены Международным Астрономическим Союзом. Цветом обозначен планетарный радиус (см. шкалу снизу)

«МАГЕЛЛАН»

**Северное полушарие Венеры**

Северный полюс в центре.  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  восточной долготы в положениях на 6, 3, 12 и 9 часов.

«МАГЕЛЛАН»





**Компьютерная симуляция полушария Венеры (центр 0° в.д.).**

Для создания были использованы данные миссий Магеллан, Венера-15, Венера-16 и Пионер-Венера.

**«МАГЕЛЛАН»**



**Компьютерная симуляция полушария Венеры (центр 90° в.д.).**

Для создания были использованы данные миссий Магеллан, Венера-15, Венера-16 и Пионер-Венера.

**«МАГЕЛЛАН»**





**Компьютерная симуляция полушария Венеры (центр 180° в.д.).**

Для создания были использованы данные миссий Магеллан, Венера-15, Венера-16 и Пионер-Венера.

**«МАГЕЛЛАН»**

## Завершение миссии

С сентября 1992 года по май 1993 года «Магеллан» исследовал гравитационное поле Венеры. В этот период он не осуществлял радиолокацию поверхности, а транслировал постоянный радиосигнал на Землю. По изменению частоты сигнала можно было определить малейшие изменения скорости аппарата (доплеровский эффект), что, в свою очередь, позволяло детектировать особенности гравитационного поля планеты.

Весной 1993 года миссия получила дополнительную денежную поддержку в размере 10 млн долларов и с мая по август 1993 года «Магеллан» опробовал технологию атмосферного торможения. Нижняя точка орбиты была немного снижена, чтобы аппарат задевал верхние слои атмосферы и изменял параметры орбиты без затрат топлива. В августе орбита «Магеллана» составляла по высотам 180-540 км с периодом обращения 94 минуты. Это позволило провести более точные гравитационные измерения. В целом, была составлена «гравитационная карта» для 95% поверхности планеты.

В сентябре 1994 года был проведён эксперимент по исследованию верхних слоёв атмосферы Венеры. Солнечные панели аппарата были развёрнуты подобно лопастям ветряной мельницы, а орбита «Магеллана» снижена. Это позволило получить информацию о поведении молекул в самых верхних слоях атмосферы.

11 октября орбита была снижена в последний раз, а 12 октября 1994 года контакт с аппаратом, приближавшимся к Венере по спирали, был потерян.

А. И. Захаров, кандидат технических наук

[photojournal.jpl.nasa.gov](http://photojournal.jpl.nasa.gov)

[www2.jpl.nasa.gov](http://www2.jpl.nasa.gov)

[ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)

Журнал "Земля и Вселенная"

2005 - 2019, Проект "Исследование Солнечной  
системы"

Открыт 15.12.2005, E-mail: [lobandrey@yandex.ru](mailto:lobandrey@yandex.ru)