

ПАВЕЛ ШАРОВ

Европейцы на Венере

В 2005 году Европейское космическое агентство решило сделать серьезный прорыв в изучении Венеры — отправило к ней космический аппарат нового поколения Venus Express. После 15-летнего перерыва это был первый целенаправленный полет для исследования самой близкой к нам планеты. И уже первые данные с космического аппарата принесли множество неожиданных новых результатов, в особенности касающихся атмосферы Венеры.

Первая советская автоматическая межпланетная станция стартовала к Венере ровно за два месяца до полета Гагарина — 12 февраля 1961 года. Однако вскоре после запуска связь с ней была потеряна. Судя по телеметрическим данным, аппарат прошел на очень большом расстоянии от планеты. Лишь спустя 5 лет, в марте 1966 года, советская станция впервые достигла Венеры, доставив вымпел с Гербом СССР. Но связь с ней опять прервалась, и научные исследования провести не удалось.

Начиная с 1961 и до 1984 года включительно запуски к Венере советских аппаратов проводились с заведомой регулярностью: едва ли не каждые полтора года (как только открывалось благоприятное окно запуска) к Утренней звезде уходила пара дублирующих друг друга станций. И эти усилия себя оправдали. Благодаря программам «Венера» и «Вега» СССР принадлежит множество приоритетных достижений: первые прямые измерения в атмосфере, первая посадка, первый выход на орбиту вокруг Венеры, первые панорамы поверхности (сначала черно-белая, потом цветная), первый анализ грунта.

США в то время (как и теперь) отдавали предпочтение исследованиям Марса. Тем не менее они не хотели отставать и тоже посылали к Венере аппараты по программе Mariner, которые принесли очень ценные сведения об этой планете. Один из них, Pioneer Venus Orbiter, «проработал» ее искусственным спутником рекордный срок — 14 лет (с 1978 года). Одновременно с ним к Венере отправился еще один аппарат — Pioneer Venus Multiprobe, который доставил в атмосферу планеты четыре аэростатных зонда. Один из них совершил незапланированную посадку на поверхность.

В 1990-х годах интерес к исследованиям Венеры заметно снизился: советская программа межпланетных исследований была практически свернута, а американцы переключились на планеты-гиганты — Юпитер и Сатурн, не прекращая работ по изучению Марса. В течение 15 лет лишь станция Cassini пару раз пролетала мимо Венеры, чтобы, используя гравитационный маневр, набрать скорость для решительного рывка к Сатурну.

СЕМЬ ГЛАЗ «ЭКСПРЕССА»

И вот недавно Европа стала полноправным членом «клуба исследователей Венеры»: 9 ноября 2005 года с космодрома Байконур с помощью российской ракеты-носителя «Союз» был запущен первый европейский космический аппарат для детального изучения Венеры — Venus Express. Надо сказать,

что подготовка к запуску не обошлась без накладок. Буквально перед самой вывозом ракеты-носителя на стартовую площадку под обтекателем, закрывающим аппарат, были обнаружены посторонние предметы. Оказалось, что это фрагменты теплоизоляции разгонного блока «Фрегат». Данный блок выводится на околоземную орбиту вместе с аппаратом и затем в нужный момент придает ему импульс для полета к Венере. Чтобы удалить мусор, который мог повредить научную аппаратуру, пришлось демонтировать зонд и отложить запуск на две недели. А заодно и выплатить за это неустойку Европейскому космическому агентству.

Аппарат Venus Express создан на базе той же платформы, что и Mars Express, работающий в настоящее время на орбите Марса. Различия между ними состоят в основном в средствах связи и теплозащите. Последняя играет для Venus Express особенно важную роль, ведь Венера в полтора раза ближе к Солнцу, чем Марс, а значит, поток солнечного тепла у нее в четыре раза интенсивнее.

Четыре из семи научных приборов Venus Express являются модификациями аналогичных инструментов, установленных на марсианском «Экспрессе». Так, анализатор космической плазмы ASPERA-4 был адаптирован под более агрессивную среду в окрестностях Венеры. То же самое можно сказать и про планетарный Фурье-спектрометр инфракрасного диапазона PFS для изучения верхних слоев атмосферы, и сканирующий спектрометр SPICAV, способный получать спектры и строить изображения в диапазонах от инфракрасного до ультрафиолетового. В создании этих двух приборов принимали участие российские специалисты из Института космических исследований РАН. Версия SPICAV для Венеры дополнена специальным блоком SOIR для изучения атмосферы Венеры при просвечивании ее Солнцем в моменты, когда оно скрывается за диском планеты и появляется из-за него. Таким способом можно определить состав венерианской атмосферы на разных высотах.

Один из важнейших инструментов Venus Express — универсальная широкоугольная камера VMC (Venus Monitoring Camera), работающая в диапазонах от ультрафиолета до ближнего инфракрасного излучения. В ее конструкции использованы технические решения, которые ранее применялись при разработке камеры высокого разрешения HRSC на аппарате Mars Express и системе инфракрасного наблюдения OSIRIS на автоматической межпланетной станции Rosetta, стартовавшей в 2004 году навстречу комете Чурюмова—Герасименко. Кстати, ▶

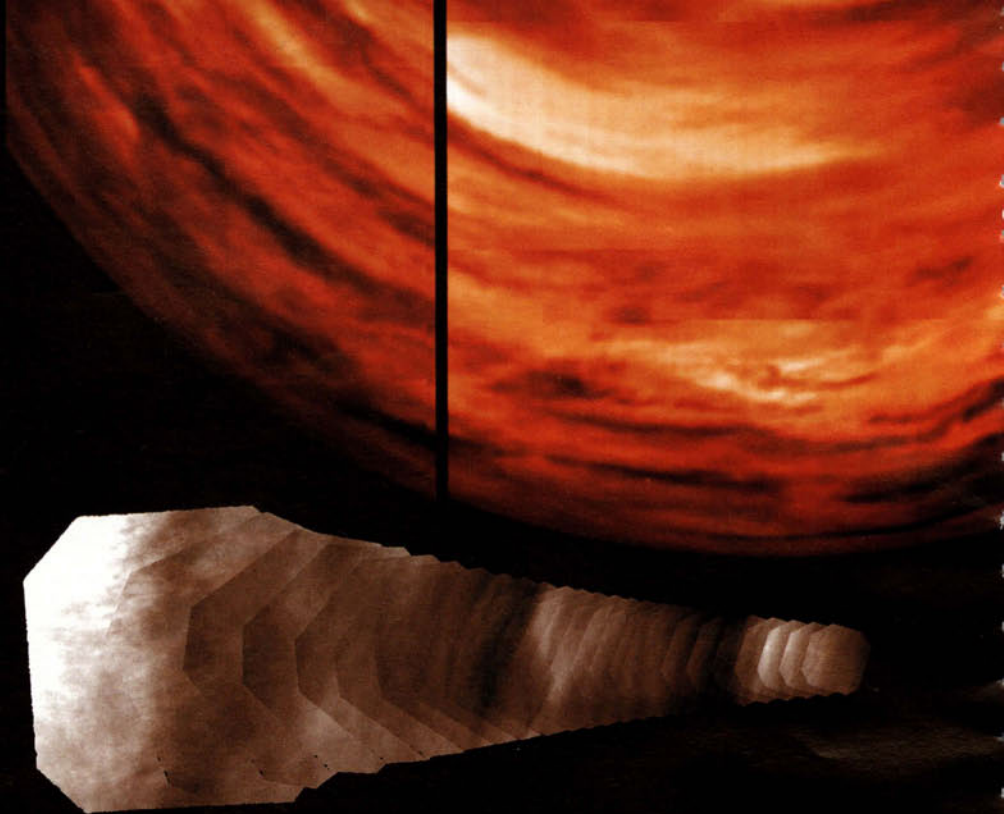
со станции Rosetta позаимствованы (с модификациями, конечно) и остальные три научных прибора Venus Express: магнитометр MAG, аппаратура для радиозондирования VeRa и сканирующий спектрометр VIRTIS, способный наблюдать все слои атмосферы Венеры и строить тепловые карты ее поверхности.

Заемствование приборов из одной миссии в другую является характерной чертой для современных космических исследований. Разработка аппаратуры является труднейшей научно-инженерной задачей, которая дополнительно осложняется тем, что новый прибор невозможно испытать в тех условиях, где ему предстоит работать. Если для каждого полета создавать все приборы заново, это будет не только очень дорого, но еще и ненадежно. Любая ошибка в конструкции, в технологии сборки или тестирования может превратить инструмент в никуда не годный кусок железа. Поэтому межпланетные космические полеты служат не только своей основной исследовательской задаче, но и всегда рассматриваются как испытания бортовой аппаратуры, которая затем совершенствуется и устанавливается на новые межпланетные станции.

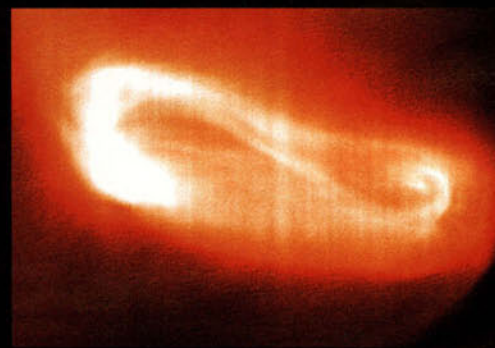
Venus Express летел к цели пять месяцев и прибыл к Венере 11 апреля 2006 года, став ее искусственным спутником. Выход на орбиту является самым ответственным событием (кроме старта) в межпланетных миссиях. Из-за задержки, с которой приходят радиосигналы к Земле и обратно до планеты, специалисты Центра управления не могут вмешаться и скорректировать маневр.

На этот раз все прошло гладко. Отработав 50 минут, основной двигатель снизил скорость аппарата относительно Венеры на 15% — с 8 до 6,8 км/с — и вывел ее на сильно вытянутую эллиптическую орбиту. В наиболее удаленной точке орбиты от центра планеты (апоцентре) Venus Express уходил на расстояние 220 тысяч километров от Венеры — это больше половины расстояния от Земли до Луны, а в самой близкой точке своей орбиты (перигентре) аппарат проходил на высоте всего 250 километров от поверхности планеты.

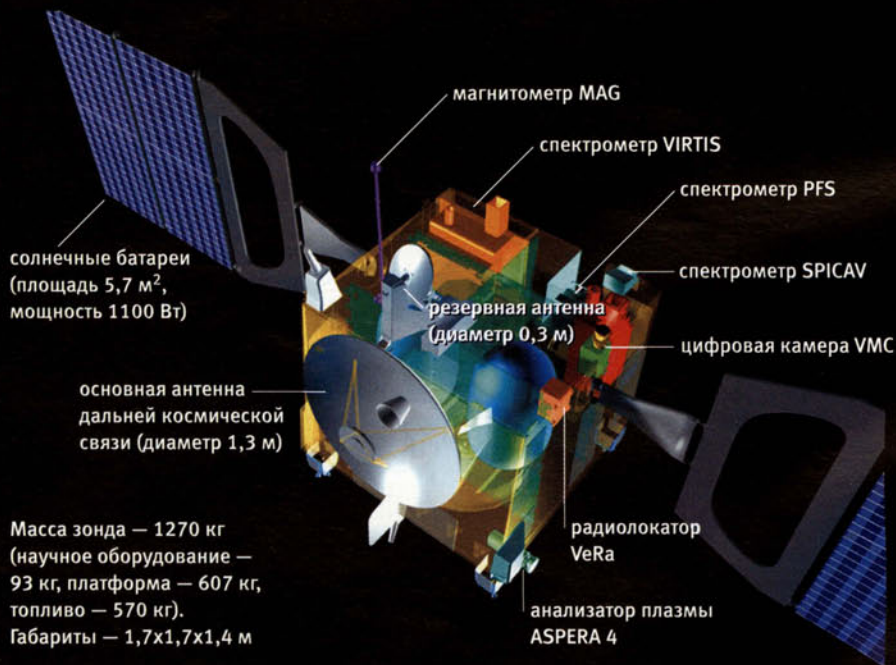
Вскоре благодаря тонким коррекциям орбиты перигентр был опущен еще немного ниже, так что аппарат стал погружаться в самые верхние слои атмосферы за счет аэродинамического трения, раз за разом поне-



Venus Express не может охватить одним взглядом всю планету даже с максимальной высоты (в самом верху). Приходится составлять мозаичные изображения, причем с приближением аппарата к планете по вытянутой орбите размер его поля зрения уменьшается (вверху). Вместе с тем высокое разрешение камеры позволило подробно рассмотреть странный двойной вихрь на южном полюсе Венеры (справа)



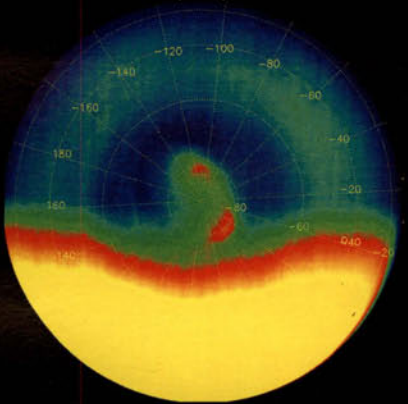
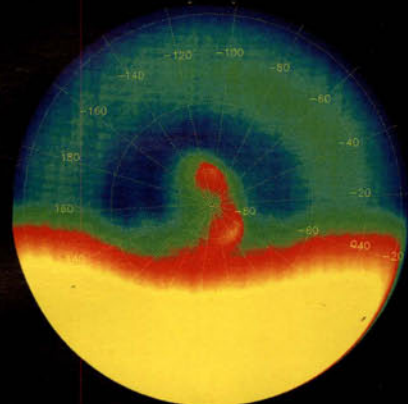
Компоновка основных научных приборов Venus Express



Гигантский двойной шторм на южном полюсе Венеры не имеет аналогов в Солнечной системе

АППАРАТЫ СССР И США, ДОСТИГШИЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ ВЕНЕРЫ

- 1ВА «Венера-1»** 12.02.1961
Первый в истории полет КА к Венере. Связь потеряна на пятый день
- Mariner 2** 27.08.1962—14.12.1962
Первый пролет Венеры. Установлено: отсутствие магнитного поля, медленное обратное вращение планеты, высокая температура и давление на поверхности
- ЗМВ-1 «Зонд-1»** 02.04.1964, потеря связи 30.05.1964
- ЗМВ-4 «Венера-2»** 12.11.1965—27.02.1966
Пролет в 24 000 км от поверхности, но безрезультатно из-за потери связи
- ЗМВ-3 «Венера-3»** 16.11.1965—01.03.1966
Впервые достигла Венеры, доставила вымпел СССР. Исследования не выполнены из-за потери связи
- В-67 «Венера-4»** 12.06.1967—18.10.1967
Парашютный спуск в атмосфере до высоты 28 км. Первые прямые измерения температуры, давления и состава атмосферы
- Mariner 5** 14.06.1967—19.10.1967
Пролет на расстоянии 4 100 км. Измерения заряженных частиц, плазмы, УФ-излучения, радиозондирование атмосферы
- В-69 «Венера-5»** 05.01.1969—16.05.1969
Парашютный спуск в атмосфере до высоты 18 км на ночной стороне планеты. Измерения параметров атмосферы
- В-69 «Венера-6»** 10.01.1969—17.05.1969
Повтор программы «Венеры-5»
- В-70 «Венера-7»** 17.08.1970—15.12.1970
Первая посадка на ночной стороне Венеры. 23 минуты работы на поверхности, измерена температура (+475°C)
- В-72 «Венера-8»** 27.03.1972—22.07.1972
Посадка на дневной стороне Венеры. 50 минут работы на поверхности: измерены содержание аммиака в атмосфере, скорость ветра, освещенность, характер поверхностных пород
- Mariner 10** 03.11.1973—05.02.1974
Пролет Венеры на расстоянии 4 200 км по пути к Меркурию
- 4В-1 «Венера-9»** 08.06.1975—22.10.1975
Первый искусственный спутник Венеры (ИСВ) плюс посадка спускаемого аппарата (53 мин.). Первая телевизионная панорама (180°) поверхности
- 4В-1 «Венера-10»** 14.06.1975—25.10.1975
ИСВ (проработал 2 года) плюс посадка спускаемого аппарата (65 мин.)
- Pioneer Venus Orbiter** 20.05.1978—04.12.1978
ИСВ (проработал 14 лет). Построил радиолокационную карту 93% поверхности с разрешением около 80 км; исследовал облачную систему, магнитную обстановку, взаимодействие с солнечным ветром
- Pioneer Venus Multiprobe** 08.08.1978—09.12.1978
Спуск в атмосферу четырех зондов, запущенных с борта аппарата. Один незапланированно совершил посадку и 68 минут работал на поверхности
- 4В-1 «Венера-11»** 09.09.1978—25.12.1978
Посадка спускаемого аппарата (СА) на дневной стороне (95 минут). Тонкий химанализ атмосферы и облаков, спектральный анализ рассеянного солнечного излучения, изучение молний
- 4В-1 «Венера-12»** 14.09.1978—21.12.1978
Посадка (110 минут). Повтор программы «Венеры-11»
- 4В-1М «Венера-13»** 30.10.1981—01.03.1982
Посадка (127 минут). Первая цветная панорама поверхности, химанализ и измерение механических свойств грунта
- 4В-1М «Венера-14»** 04.11.1981—05.03.1982
Посадка (57 минут). Повтор программы «Венеры-13»
- 4В-2 «Венера-15»** 02.06.1983—10.10.1983
ИСВ. Радиолокационная съемка северного полушария Венеры, температурное картирование поверхности
- 4В-2 «Венера-16»** 07.06.1983—14.10.1983
ИСВ. Повтор программы «Венеры-15»
- 5ВК «Вега-1»** 15.12.1984—11.06.1985
Исследования по пути к комете Галлея. СА плюс аэростатный зонд. Программа работ на поверхности запущена преждевременно на высоте 17 км. Зонд 46 часов измерял метеорологические параметры на высоте 54 км
- 5ВК «Вега-2»** 21.12.1984—15.06.1985
Повтор программы «Вега-1». СА провел 57 минут на поверхности: элементный анализ и измерение физико-механических свойств грунта
- Magellan** 05.05.1989—10.08.1990
ИСВ. Радиолокационное картирование всей поверхности с высоким разрешением
- Galileo** 18.10.1989—10.02.1990
Пролет на расстоянии 16 000 км по пути к Юпитеру. ИК-съемка, спектроскопические исследования. Не обнаружил признаков молний, наблюдавшихся «Венерами»
- Cassini** 15.10.1997—26.04.1998, 24.06.1999
Два пролета по пути к Сатурну на высоте 336 км и 603 км. Изучение космической пыли в окрестностях планеты, спектральная съемка глубин атмосферы в видимом диапазоне, измерение магнитного поля планеты радиопросвечивание атмосферы
- MESSENGER** 03.08.2004—24.10.2006
Пролет по пути к Меркурию на высоте 3 000 км. Научные наблюдения не проводились



ESA (K3)

NASA

Снимки Venus Express показывают изменения, происходящие с двойным полярной вихрем (вверху). Ранее подобного образования в облаках Венеры не наблюдалось (внизу: снимок с борта станции Pioneer Venus Orbiter)

многоу сбавляя скорость и понижая высоту апоцентра. Через месяц после прибытия к Венере Venus Express перешел на рабочую орбиту с параметрами: высота апоцентра — 66 000 километров, высота перигея — 250 километров, период обращения — 24 часа. Такой период удобен для регулярной связи с Землей: сблизившись с планетой, аппарат собирает научную информацию, а удалившись от нее, проводит 8-часовой сеанс связи, передавая в среднем каждый раз около 250 мегабайт информации. Еще одна важная особенность орбиты Venus Express — она практически перпендикулярна экватору Венеры, и поэтому аппарат имеет возможность детально исследовать полярные районы планеты.

К сожалению, отрапортовать о безупречной готовности зонда к работе не удалось. Как раз, когда аппарат вышел на рабочую орбиту, было объявлено, что один из основных приборов, спектрометр PFS, не может навестись на Венеру. Как выяснилось, заклинило зеркало, которое должно переключать «взгляд» прибора с эталонного источника (на борту зонда) на планету. По словам ведущего разработчика спектрометра Витторио Формизано, «PFS — это мощный, но очень деликатный инструмент. Механические деформации микронной величины — меньше размера бактерии — могут полностью нарушить его работу». После ряда попыток обойти сбой инженеры смогли повернуть зеркало на 30 градусов, но этого оказалось мало для работы прибора, и в конце концов его пришлось выключить. Так Venus Express лишился одного из своих семи глаз, а вместе с ним и способности детально изучать химический состав атмосферы планеты.

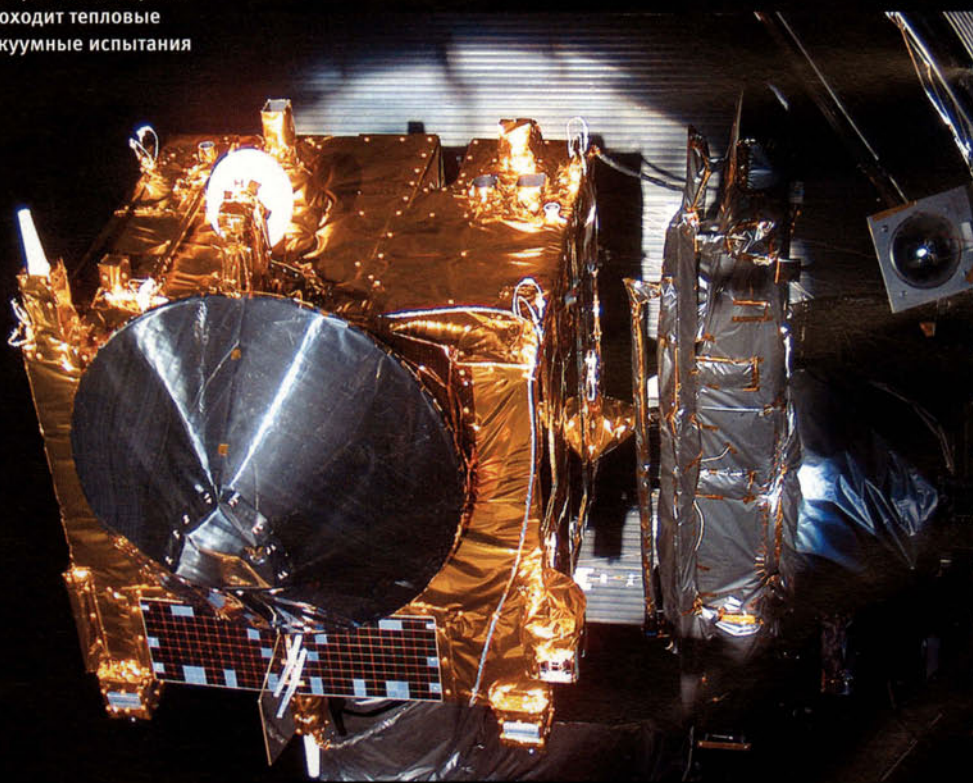
ВЗГЛЯД В ОБЛАКА

И все же остальные научные приборы Venus Express начали получать ценную информацию, причем еще до выхода аппарата на рабочую орбиту. Уже 24 апреля камера VMC сделала серию снимков облачного покрова Венеры в ультрафиолетовом диапазоне. После привязки к координатной сетке получилось мозаичное изображение, охватывающее значительную площадь облаков. Эта съемка впервые позволила провести качественный анализ структуры облачности в атмосфере Венеры. В ней выявились мало контрастные ленточные структуры — по-видимому,

Схема полета автоматической межпланетной станции Venus Express



Аппарат Venus Express проходит тепловые вакуумные испытания



Для экономии топлива Venus Express использовал аэродинамическое торможение в атмосфере Венеры

Полет — 153 земных дня



являющиеся результатом действия сильных ветров. Венера, в отличие от Земли и других планет, поглощает солнечное излучение преимущественно в ультрафиолетовом диапазоне, а в других диапазонах большая часть света рассеивается облаками и уходит в космическое пространство. Это одна из причин, по которой Венера так ярко сияет на земном небе. Однако до сих пор непонятно, какое вещество в ее атмосфере обеспечивает высокое — более 50% — поглощение ультрафиолетового излучения.

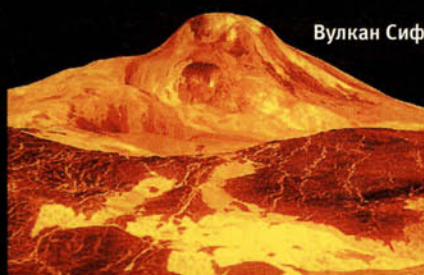
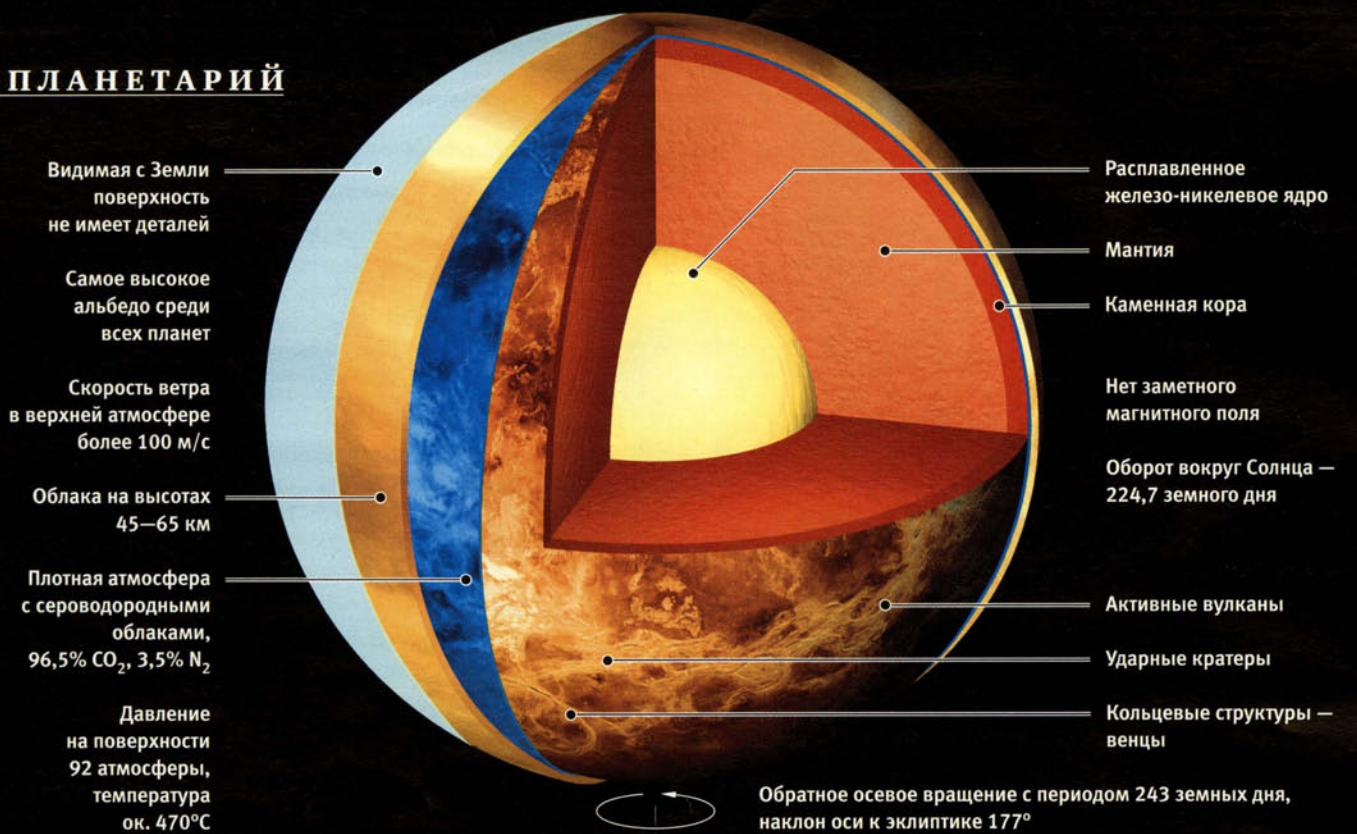
Ученые не ошиблись с выбором параметров рабочей орбиты, и новые открытия не заставили себя долго ждать. 29 мая станция провела очередную инфракрасную съемку южной полярной области, и там был обнаружен вихрь весьма неожиданной формы. Обычно атмосферные вихри, от смерчей до циклонов, формируются вокруг некоего центра, в котором вращение отсутствует. Появление этой «зоны спокойствия» в самом центре урагана (так называемого «глаза бури») объясняется соображениями симметрии: здесь у ветра просто нет предпочтительного направления, в котором он мог бы дуть. Но на южном полюсе Венеры неожиданно была обнаружена

странная структура с двумя центрами, которые сложным образом связаны друг с другом.

«Изучив этот гигантский двойной шторм, мы обнаружили, что его структура изменяется в зависимости от высоты. Возникает ощущение, что мы смотрим на разные структуры, а не на одну целую, — говорит Пьер Дроссар, заместитель научного руководителя по прибору VIRTIS из Парижской обсерватории. — Новые данные, которые мы только начали анализировать и обрабатывать, выявляют еще большие различия». Насколько устойчиво это атмосферное образование, пока неясно.

Одно из наиболее красивых изображений спектрометр VIRTIS получил 29 июля при съемке Венеры с дальней дистанции — около 65 тысяч километров. На мозаике, составленной из трех снимков, хорошо видна сложная структура атмосферы. По внешнему виду она больше напоминает атмосферы планет-гигантов, чем земную. Снимки сделаны с интервалом около 30 минут и уже заметно не совпадают на границах. Это показывает, насколько динамична атмосфера Венеры. При том, что сутки на планете длятся 243 земных дня, ветер успевает обойти всю планету ▶

ПЛАНЕТАРИЙ



Россия разрабатывает новую станцию, которая сможет проработать на поверхности Венеры до 30 суток

по экватору примерно за четверо наших суток. Это соответствует скорости более 100 м/с. Правда, такие скорости ветра наблюдаются только в средних и верхних слоях атмосферы. Как показали данные спускаемых аппаратов, в глубине атмосфера намного спокойнее, скорость ветра у поверхности составляет всего около 1 м/с.

Venus Express сделал еще несколько интересных открытий. До настоящего времени считалось, что облачный покров на Венере имеет толщину около 20 километров и простирается до высоты 65 километров над поверхностью. Однако первые промеры венерианской атмосферы, выполненные спектрометром SPICAV, показали, что на ночной стороне планеты облака поднимаются до 90-километровой высоты в виде плотного тумана и до 105 километров, но уже в виде более прозрачной дымки. Для сравнения: земная атмосфера становится полностью прозрачной уже на высоте 20 километров.

Кроме этого, с помощью блока SOIR в составе спектрометра SPICAV

ученые обнаружили в атмосфере Венеры «тяжелую» воду, в состав которой входят атомы тяжелого изотопа водорода — дейтерия. Прцентное отношение «тяжелой воды» к обычной позволяет оценить динамику водного баланса Венеры в прошлом и настоящем. На сегодняшний день в атмосфере планеты в виде пара содержится такое количество воды, которого достаточно, чтобы покрыть всю поверхность Венеры 3-сантиметровым слоем. Однако, по данным о количестве «тяжелой воды», ученые выдвинули предположение, что в прошлом водных запасов на Венере могло хватить на океан глубиной несколько сотен метров.

А анализатор плазмы ASPERA зарегистрировал высокую скорость ухода вещества из атмосферы Венеры, а также отследил траектории других частиц, в частности ионов гелия солнечного происхождения. Полученная информация подтверждает, что атмосфера Венеры интенсивно взаимодействует с солнечным ветром.

Venus Express продолжает работать. Расчетная длительность его миссии составляет два венерианских дня — 486 суток по земному счету, и может быть продлена, если позволят ресурсы станции. Но даже того, что уже обнаружено на Венере европейским космическим аппаратом, хватит, чтобы надолго загрузить работой планетологов.

А через несколько лет европейские ученые смогут разместить свои приборы на борту новой российской межпланетной станции. Федеральной космической программой на 2006—2015 годы предусмотрено начать разработку принципиально нового космического аппарата — долгоживущей напланетной станции «Венера-Д», предназначенной для детального исследования атмосферы и поверхности Венеры. Ожидается, что аппарат сможет проработать на поверхности Венеры 30 суток, а возможно, и более длительный срок. Это поможет ученым приблизиться к разгадке множества тайн, которые скрывает в себе загадочная и притягательная Венера. ●