

**ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
ГЕОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
ПОВЕРХНОСТИ ВЕНЕРЫ, ПОЛУЧЕННЫХ АМС
«ВЕНЕРА-15» И «ВЕНЕРА-16»**

*Член-корреспондент АН СССР В. Л. Барсуков, А. Т. Базилевский,
А. А. Пронин, Р. О. Кузьмин, В. П. Крючков, О. В. Николаева, И. М. Черная,
Г. А. Бурба, Н. Н. Бобина, В. П. Шашкина, академик В. А. Котельников,
О. Н. Ржига, Г. М. Петров, Ю. Н. Александров, А. И. Сидоренко,
В. М. Ковтуненко, Р. С. Кремнев, член-корреспондент АН СССР
А. Ф. Богомолов, М. Н. Мешков, Н. В. Жерихин, Ю. С. Тюфлин, Э. Л. Аким,
М. С. Марков, А. Л. Суханов*

Доклады Академии наук СССР, 1984. Том 279, № 4, с. 946–949

В настоящей работе изложены первые результаты геолого-морфологического анализа радиолокационных изображений поверхности Венеры, полученных АМС «Венера-15» и «Венера-16» с начала регулярной съемки 11 XI 1983 г. по 7 IV 1984 г. Изображения получены радиолокаторами бокового обзора, устройство и особенности работы которых описаны в [1]. Съемкой захвачены участки местности шириной около 160 км и длиной до 8000 км. Полосы монтировали в фотоплан с разрешением 1–2 км на местности. Частичное перекрытие соседних полос создает возможность анализа стереомодели.

Съемка проводилась с околополярной эллиптической орбиты с широтой перицентра около 62° с.ш. Территория, геолого-морфологический анализ которой уже выполнен, расположена между 270 и 140° в. д. и 25–30 и 75–80° с.ш. (рис. 1). Она включает в себя известные по ранее проведенной КА «Пионер-Венера-Орбитер» съемке низкого разрешения [2] крупную горную область земли Иштар, равнины Гиневры, Седны, Леды и Ниобы, возвышенные области Теллуры, Белл и частично Бета. Большая площадь покрытия, высокое разрешение и хорошее качество изображений радиолокационной съемки АМС «Венера-15» и «-16» впервые создали основу для аргументированного регионального геолого-морфологического анализа поверхности Венеры.

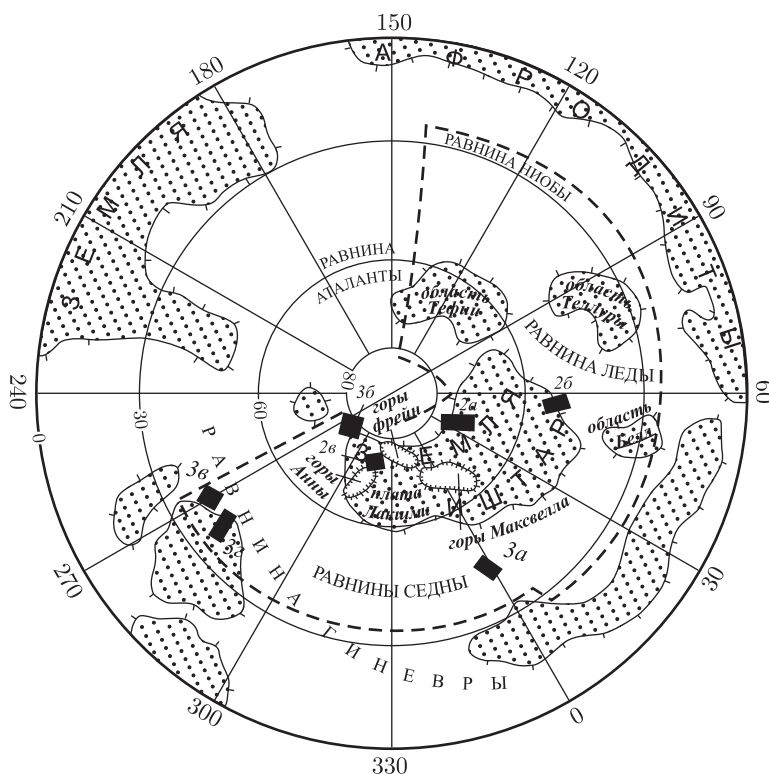


Рис. 1. Орографическая схема северного полушария Венеры с указанием районов, показанных на рис. 2 и 3. Штриховая линия — граница проанализированной территории

По результатам этого анализа в исследованной области выделяются несколько типов местности.

Специфической местностью, не имеющей прямых аналогов на других планетах, занята большая часть земли Иштар и область Телуры. Структурный рисунок этой сильно пересеченной территории удобно называть условным термином «паркет». Выделяются два основных типа паркета и ряд промежуточных разновидностей. К востоку от гор Максвелла на площади около 1000×3000 км развит паркет с диагонально-хаотическим структурным рисунком (рис. 2, а). Его основные рельефо-образующие элементы — относительно короткие (первые десятки километров) хребты с асимметричными склонами, образованные наклонно залегающими мощными пластинами (пластами?) горных пород. Хребты-пластины разделяются продольными и поперечными долинами, образуются диагональные и хаотические системы, внешне напоминающие картину торошения застывшей корки на поверх-

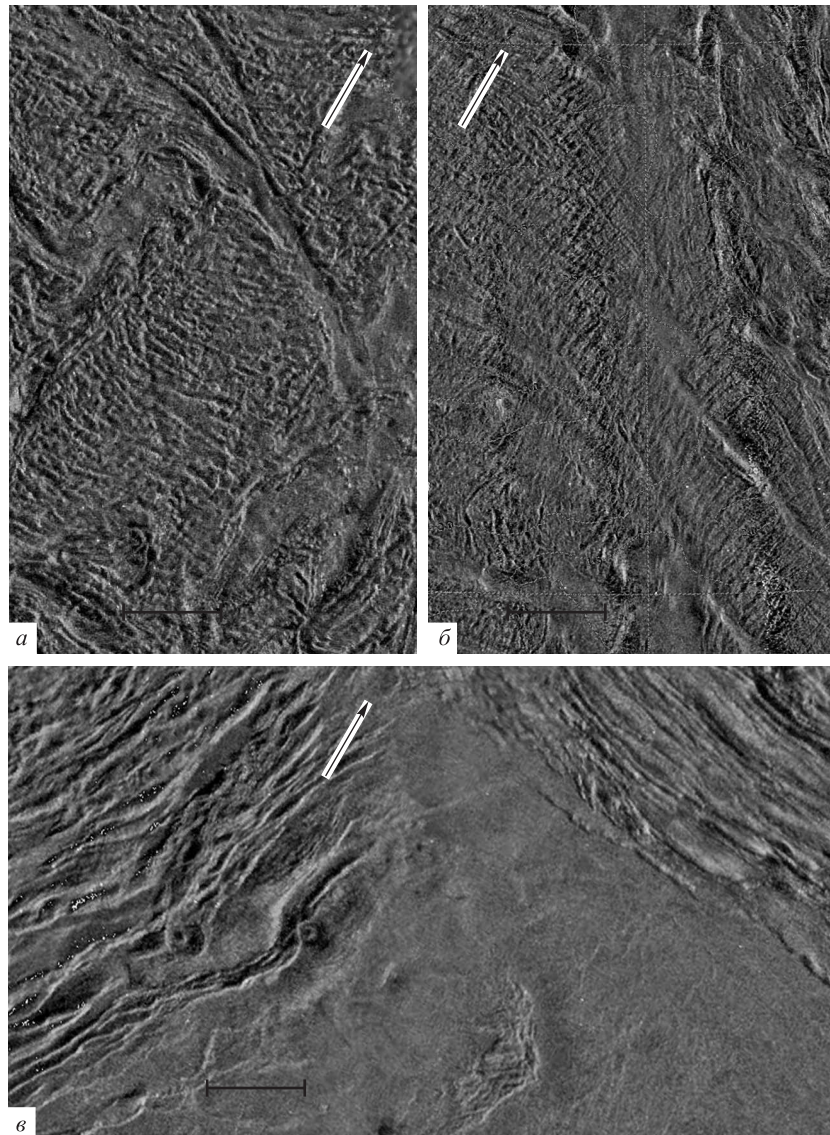


Рис. 2. *а* — участок паркета с диагонально-хаотическим структурным рисунком, земля Иштар к востоку от гор Максвелла; *б* — участок паркета с ортогональным структурным рисунком, юго-восточная часть земли Иштар; *в* — северная часть плато Лакшми и обрамляющие горы Акны (слева) и Фрейи (вверху справа). В левой части рисунка — два ударных кратера с центральными горками. Здесь и на рис. 3 стрелка указывает направление на север, длина масштабной линейки 100 км

ности лавовых потоков. Вероятно, поверхность такого типа образована нагромождением тектонических чешуй при горизонтальных движениях в обстановке сжатия толщ, возможно, слоистого строения.

К юго-востоку от гор Максвелла развита другая разновидность паркета — обширная (1000 × 1500 км) область ортогональных хребтов и долин (рис. 2, б). Основные рельефообразующие элементы этой местности — протяженные (сотни километров) параллельные друг другу долины и между ними короткие поперечные расселины, чередующиеся с хребтами. Возникшая ортогональная система по структурному рисунку напоминает зоны растяжения в некоторых структурах Земли. Местность этого типа также имеет тектоническую природу и также образована горизонтальными движениями, но уже в обстановке растяжения.

В западной части земли Иштар находится обширное плато Лакшми. Его относительно гладкая поверхность внешне напоминает сложенные базальтовыми излияниями равнины (рис. 2, в). Эта поверхность осложнена депрессиями двух крупных плоскодонных кальдер Колетт и Сакаджавей, по ряду признаков похожих на вершинные кальдеры гигантских щитовых вулканов Марса. Система протяженных (до 150–200 км) лавовых потоков, выделяющихся повышенной радиоактивностью поверхности (вероятно, за счет высокой шероховатости), тяготеет к кальдере Колетт как наиболее молодому центру излияний.

Плато Лакшми практически со всех сторон окружено областью линейных хребтов и долин, ориентированных параллельно его границам, что указывает на генетическую связь зоны обрамления со структурой плато. В это обрамление входят, в частности, горы Акны, Фрейи и Максвелла (рис. 2, в). Иногда системы таких линейных образований встречаются вне связи с плато Лакшми, в виде протяженных поясов на вулканических равнинах (см. ниже). Природа зон линейных хребтов и долин, несомненно, тектоническая. По-видимому, это результат складкообразования при горизонтальных перемещениях в условиях сжатия.

Остальная часть изученной территории занята равнинами двух типов. Гладкие равнины морфологически сходны с базальтовыми равнинами морского типа на Луне, Меркурии и Марсе (рис. 3, а). Спецификой венерианских равнин является присутствие относительно небольших куполообразных возвышенностей, иногда с вершинными кратерами, и узких (первые километры) протяженных (сотни километров) гряд. В общем почти бесструктурная поверхность гладких равнин сформирована в основном площадными базальтовыми излияниями, возможно с участием эоловых осадков.

К западу, востоку и местами к югу от земли Иштар развиты холмистые равнины, отличающиеся от гладких повышенной расчлененностью поверхности. Характерным для них является «просвечивание» крупных кольцевых структур, иногда встречаются останцовые возвышенности с рельефом диагонально-хаотического паркета. На некоторых участках

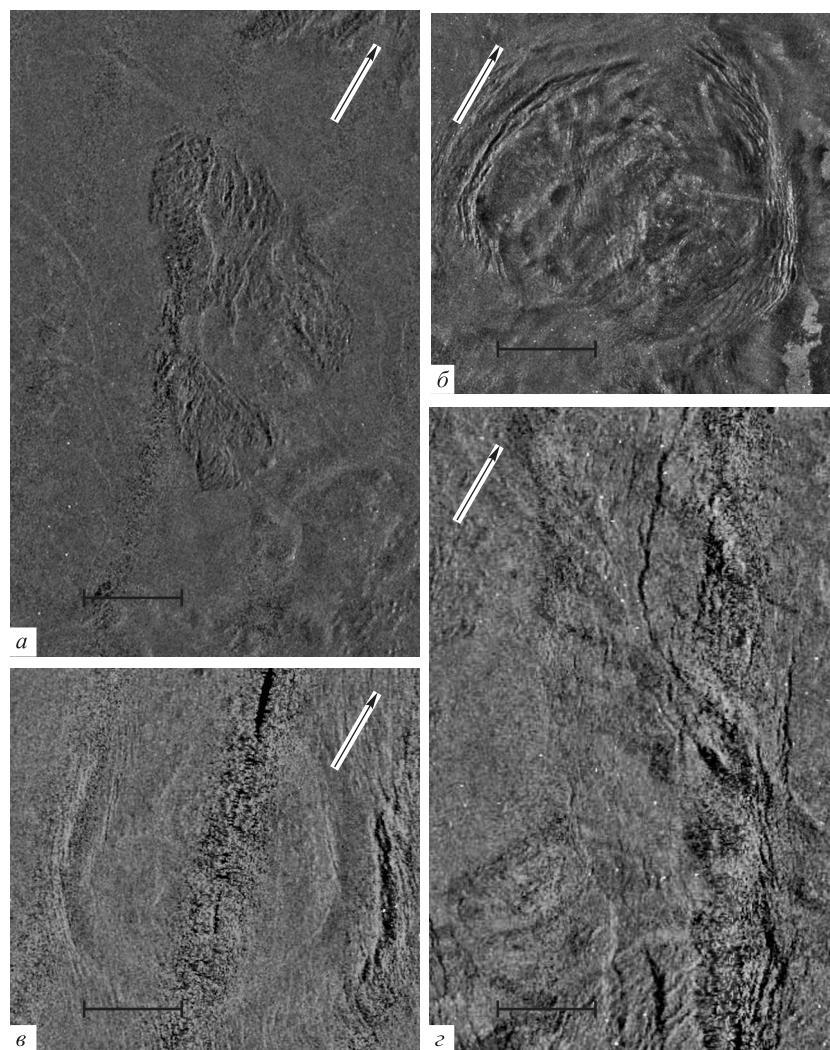


Рис. 3. *a* — участок вулканической равнины Седны с останцами паркета и сетью узких радиоярких гряд; *б* — овоид к западу от гор Акны; *в* — овоид к северо-западу от области Бета; *г* — участок северной части области Бета, видна система уступов с простирием, близким к меридианальному

видны скопления куполов с вершинными кратерами и без них. В формировании холмистых равнин, так же как и гладких, значительную роль играли, очевидно, базальтовые излияния. Однако «просвечивание» более древних структур указывает на относительно небольшую мощность в этих местах равнинообразующего материала.

Местами на равнинах выделяются очень крупные кольцевые структуры — овоиды диаметром от 150–200 до 500–600 км, которые очерчиваются системой концентрически-параллельных кольцевых или дугообразных гряд (рис. 3, б, в). Эти структуры не имеют прямых морфологических аналогов на других планетных телах. В системе планетной номенклатуры им предлагается присвоить термин «венцы» (соганае). Природа овоидов в наблюдаемой сейчас их форме, несомненно, тектоно-магматическая. Гряды, очерчивающие овоиды, возникли, видимо, при гравитационном оползании и смятии горных пород на склонах растущего куполообразного поднятия (мантийный диапир, горячая точка?) , что хорошо воспроизводится при лабораторном моделировании. Внутри одного из овоидов видны радиально расходящиеся системы гряд, которые, возможно, являются отражением этапа прекращения роста и проседания поднятия и также хорошо воспроизводятся при моделировании. Структурными (но не морфологическими из-за эрозийного среза) аналогами венерианских овоидов могут быть крупные круговые структуры в раннеархейских образованиях Земли.

Возвышенная область Бета заходит в пределы описываемой территории лишь своим северным краем (рис. 3, г). Граница ее с примыкающими к ней с севера равнинами постепенная — местность повышается и осложняется прерывистыми уступами субмеридионального простирания, которые иногда обращены навстречу друг другу, образуя грабеннообразные депрессии. В целом этот структурный рисунок создавался в обстановке тектонического растяжения на фоне сводового поднятия.

Область Белл изучена пока фрагментарно. Обработка изображений ее центральной части еще не закончена. На ее западном фланге находится относительно крупная вулканическая возвышенность с вершинным кратером диаметром около 30 км, от которого в западном направлении на 300 км протянулся сигарообразной формы шлейф с повышенной радиояркостью поверхности. Это может быть зона развития пирокластических отложений.

На всех охарактеризованных типах местности наблюдаются ударные кратеры диаметром от 10 до 100 км (рис. 2, в). По морфологии они близки к ударным кратерам соответствующего размера на других планетных телах [3]. По плотности кратеров модельная оценка возраста (определяемого возрастом преобладающих по площади равнин) всей изученной территории составляет около 0,5–1 млрд. лет. Областей с высокой плотностью кратеров, соответствующей этапу интенсивной метеоритной бомбардировки (более 3,9 млрд. лет назад), на изученной территории нет.

Итак, радиолокационная съемка поверхности Венеры АМС «Венера-15» и «-16» позволила ввести в число геологических объектов сравнительной планетологии недостающее звено — планету размером с Землю, с развитой атмосферой, но без гидросферы.

Оказалось, что по интенсивности экзогенных процессов Венера резко уступает Земле и по этому признаку примыкает, скорее, к неболь-

шим планетным телам (Луна, Меркурий, Марс). На Земле морфологические черты ударных кратеров утрачиваются всего за 10 млн. лет (их нет у кратеров древнее плиоценовых), а на Венере ударные кратеры сохраняют отчетливую морфологическую выраженность в течение примерно 1 млрд. лет (с протерозоя). Каких-либо следов водной эрозии или других процессов с жидкой водой в рельефе Венеры не обнаружено, хотя эоловое перераспределение материала, очевидно, имеет место [4]. На поверхности Венеры мы видим уникальную, по земным меркам, ситуацию — прямой тектоно-магматический рельеф, практически не нарушенный экзогенной переработкой.

Геологическое прочтение этого рельефа обнаруживает, что по уровню эндогенной (особенно, тектонической) активности Венера резко выделяется на фоне Луны, Меркурия и даже Марса. В этом отношении она сопоставима лишь с Землей. Действительно, признаки крупных горизонтальных тектонических движений до сих пор были известны только на Земле, а теперь мы знаем, что они есть и на Венере и проявляются в виде деформаций сжатия (со складкообразованием и возникновением тектонических чешуй) и растяжения (образование структур, напоминающих земные зоны рифтогенеза).

Площадной базальтовый вулканизм развивается на всех планетных телах земной группы, и Венера в этом отношении не составляет исключения. Это еще раз подтверждает ранее высказанный [3] тезис о том, что базальтовый вулканизм является универсальным процессом дифференциации недр планетных тел земного типа. Отметим, однако, что средний возраст площадных базальтовых излияний, сформировавших равнины изученной территории Венеры, 0,5–1 млрд. лет, тогда как на Луне и Меркурии аналогичные образования имеют возраст 3–4 млрд. лет, а базальтовые равнины ложа земных океанов продолжают формироваться до сих пор.

Принципиально важным фактором является то, что несмотря на слабую экзогенную переработку поверхности Венеры, на ней не обнаруживается рельефа материковой коры в том его обильно кратерированном облике, который характерен для Луны, Меркурия, Марса. Нет такого рельефа и на Земле. Причины этих различий следует искать, вероятно, в разном характере самых ранних процессов становления коры на небольших и более крупных планетных телах. Для последних характерно наличие атмосферы и осадочных образований, региональный метаморфизм пород. Эти процессы могут провоцироваться не только эндогенными причинами, но и крупными ударными событиями [5]. Основная масса корового вещества Земли представлена глубокометаморфизованными породами. На Венере также можно ожидать метаморфические образования, тесно переплетающиеся с магматическими и, наверное, не похожие на земные из-за разницы состава флюидов. Предстоящее детальное дешифрирование равнин Венеры с их кольцевыми структурами вплотную подведет к познанию ранней геологической

истории Земли с ее неясными тенями крупных кольцевых структур архея и постепенно затухающим региональным метаморфизмом.

Литература

1. *Ржига О. Н.* — Земля и Вселенная, 1984, вып. 1, с. 2.
2. *Masursky H. et. al.* — J. Geophys. Res., 1980, vol. 85, № A13, p. 8232.
3. Очерки сравнительной планетологии / Ред. К.П. Флоренский и др. М.: Наука, 1981. 326 с.
4. *Флоренский К. П. и др.* — Космич. исследов., 1983, т. 21, вып. 3, с. 340.
5. *Grieve R.A.F.* — Precambrian Res., 1980, vol. 10, № 3/4, p. 217.

Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского Академии наук СССР

Институт радиотехники и электроники Академии наук СССР

Совет «Интеркосмос» Академии наук СССР

Московский энергетический институт

Центральный научно-исследовательский институт геодезии, аэрофотосъемки и картографии им. Ф. Н. Красовского

Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша Академии наук СССР

Геологический институт Академии наук СССР, Москва

Поступило 1 X 1984