

## **ГЕОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПЛАТО ЛАКШМИ (ФОТОКАРТА ПОВЕРХНОСТИ ВЕНЕРЫ, ЛИСТ В-4)**

*А. А. Пронин, А. Л. Суханов, Ю. С. Тюфлин, С. А. Кадничанский,  
В. А. Котельников, О. Н. Ржига, Г. И. Петров, А. И. Сидоренко,  
Ю. Н. Александров, А. П. Кривцов, В. П. Синило, Г. А. Бурба, Н. Н. Бобина*

Астрономический вестник, 1986, т. XX, № 2, с. 83–98

Представлено морфологическое описание плато Лакшми и его обрамления, которые представляют собой единую структуру. Считается, что в основе образования структуры лежит механизм подъема вещества из недр планеты и его горизонтальное растекание, сопровождавшееся деформациями складчатости и/или образованием тектонических чешуй. Это позволяет говорить о Лакшми как о локальном центре радиального спрединга. Масштабы структуры свидетельствуют об участии в ее образовании астеносферных потоков.

### **Введение**

Одной из задач радиолокационного картографирования Венеры с автоматических межпланетных станции (АМС) «Венера-15, -16» является создание серии фотокарт и геолого-морфологических карт на снятые районы. Карты поверхности Венеры создаются отдельными листами по трапециям. Территорию описываемого листа карты В-4 занимает плато Лакшми в центре, обрамленное крупнейшими горными сооружениями Венеры — горами Акны и Фрейи на северо-западе и севере и горами Максвелла на востоке. Южное обрамление плато представлено уступом Весты.

Углы рамок трапеции В-4 имеют венерографические координаты:  $\varphi_1 = 80^\circ$ ,  $\lambda_1 = 300$ ,  $\varphi_2 = 80$ ,  $\lambda_2 = 60$ ,  $\varphi_3 = 60$ ,  $\lambda_3 = 300$ ,  $\varphi_4 = 60$ ,  $\lambda_4 = 0^\circ$ . При создании фотопланов для перекрытия со смежными фотопланами их границы выходят за пределы площади установленных трапеций.

### **Построение фотопланов поверхности Венеры**

С ноября 1983 по июль 1984 г. с АМС «Венера-15, -16» выполнена радиолокационная съемка северных областей поверхности Ве-

неры примерно до широты  $30^\circ$ . Съемку и радиопрофилирование по высоте проводили с помощью созданного в ОКБ Московского энергетического института комплекса радиолокационной аппаратуры, включающего радар бокового обзора и радиовысотомер. Обработка отраженных от поверхности сигналов и синтез отдельных радиолокационных панорам и профилей высот поверхности выполнены в Институте радиотехники и электроники АН СССР (ИРЭ). Преобразование радиолокационных панорам в картографические проекции и создание фотопланов поверхности Венеры выполнены совместно ИРЭ и Центральным научно-исследовательским институтом геодезии, аэросъемки и картографии им. Ф.Н.Красовского [1]. Уточненное определение движения АМС и вычисление элементов орбиты съемочных витков проведено в Институте прикладной математики им. М.В.Келдыша АН СССР. Геолого-морфологический анализ проведен в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского АН СССР, а также в Геологическом институте АН СССР.

При создании фотопланов масштаба 1:5 000 000 поверхность северного полушария Венеры, покрытая радиолокационной съемкой, разделена условно на 27 трапеций (рис. 1). В диапазоне широт от  $20^\circ$  до  $80^\circ$  фотопланы с обозначениями от В-2 до В-27 строятся в нормальной конической проекции Ламберта–Гаусса. С целью уменьшения искаже-

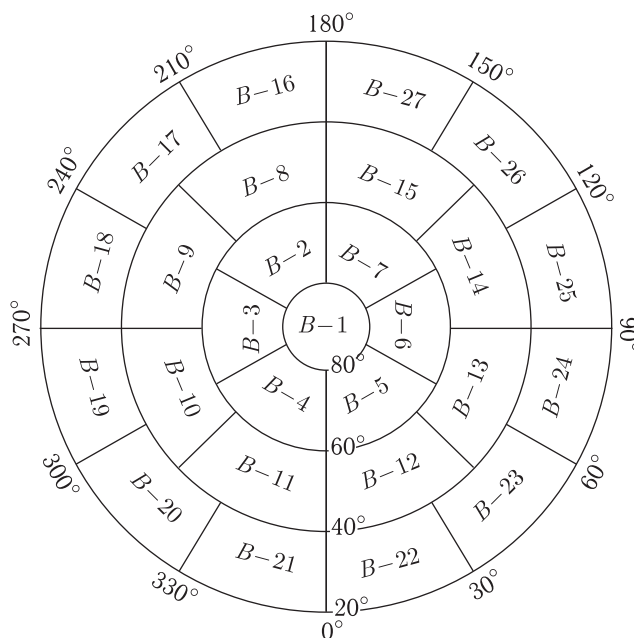


Рис. 1. Схема разбиения северного полушария Венеры на трапеции

ний при переходе от сферической поверхности к плоскости карты для каждого 20-градусного широтного пояса были рассчитаны свои значения широт двух стандартных параллелей картографической проекции. Для широтного пояса от 60 до 80°, к которому относится описываемый фотоплан В-4, значения широт стандартных параллелей следующие:

$$\varphi_1 = 63^\circ 18' 00,0'', \quad \varphi_2 = 77^\circ 30' 00,1''.$$

Построение цельных фотопланов по трапециям выполняется цифровыми методами с помощью ЭВМ и систем вывода изображений [1]. Элемент дискретизации на фотопланах соответствует на местности ~ 1 км. Положение элементов рельефа на фотопланах дано в венерографической системе координат, рекомендованной Рабочей группой по картографическим координатам и элементам вращения планет и спутников Международного астрономического союза [4]. Отсчет высот точек рельефа, как и при вычислении картографических проекций, ведется от принятой для Венеры уровенной сферической поверхности радиусом 6051,0 км.

### Морфологическое описание района

**Плато Лакшми.** Основная часть плато Лакшми имеет в плане форму неправильного шестиугольника со сглаженными углами поперечником около 1400 км, с трапециевидным выступом на севере и с протяженным выступом на востоке вплоть до подножья гор Максвелла (рис. 2). Ровная поверхность плато имеет высоты 4–4,5 км относительно принятой уровенной поверхности Венеры и осложнена рядом структур меньших размеров. В первую очередь к ним следует отнести патеру Колетт в центре западной половины плато, которая имеет форму вытянутого в меридиональном направлении овала размером 130 × 80 км и глубиной около 2 км. В окрестностях Колетт на расстояниях до 250 км прослеживаются узкие полосы и фестончатые участки радарно светлых поверхностей, которые по очертаниям в плане похожи на потоки жидких лав. Как правило, они ориентированы радиально по отношению к патере. В целом патера Колетт с системой расходящихся потоков представляет собой гигантский щитовой вулкан поперечником около 600 км, слегка вытянутый в меридиональном направлении и занимающий почти всю западную половину плато Лакшми (рис. 3).

В центре восточной половины плато расположена еще одна овальная депрессия — патера Сакаджавея размером 200 × 120 км и глубиной около 1,5 км, ориентированная в северо-восточном направлении. Выражена депрессия менее отчетливо, чем Колетт; на ее присутствие кроме гипсометрии указывают также два концентрических светлых овала и подковообразное темное пятно в центре.

Севернее депрессии Сакаджавея через всю восточную половину плато в широтном направлении протягивается полоса плосковершинных возвышенностей, поднимающихся над уровнем плато в среднем на

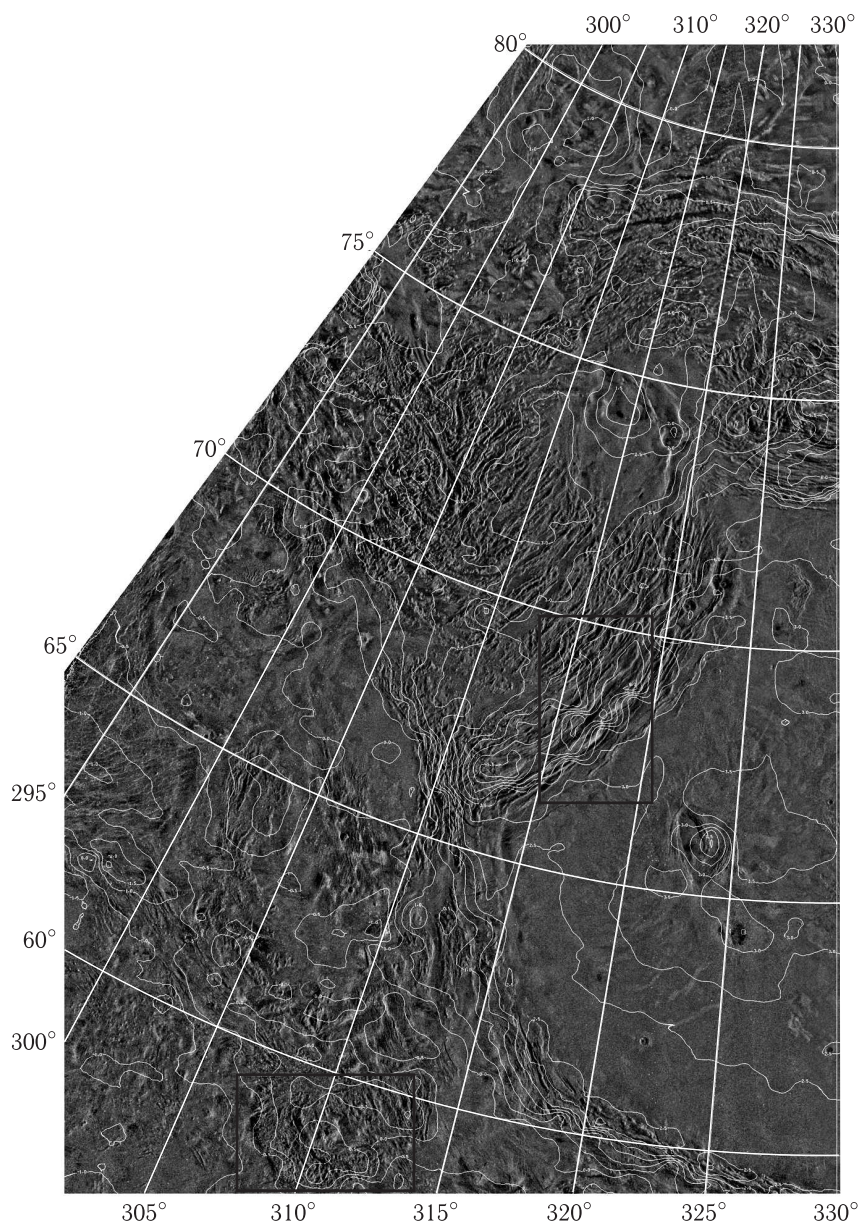


Рис. 2 а

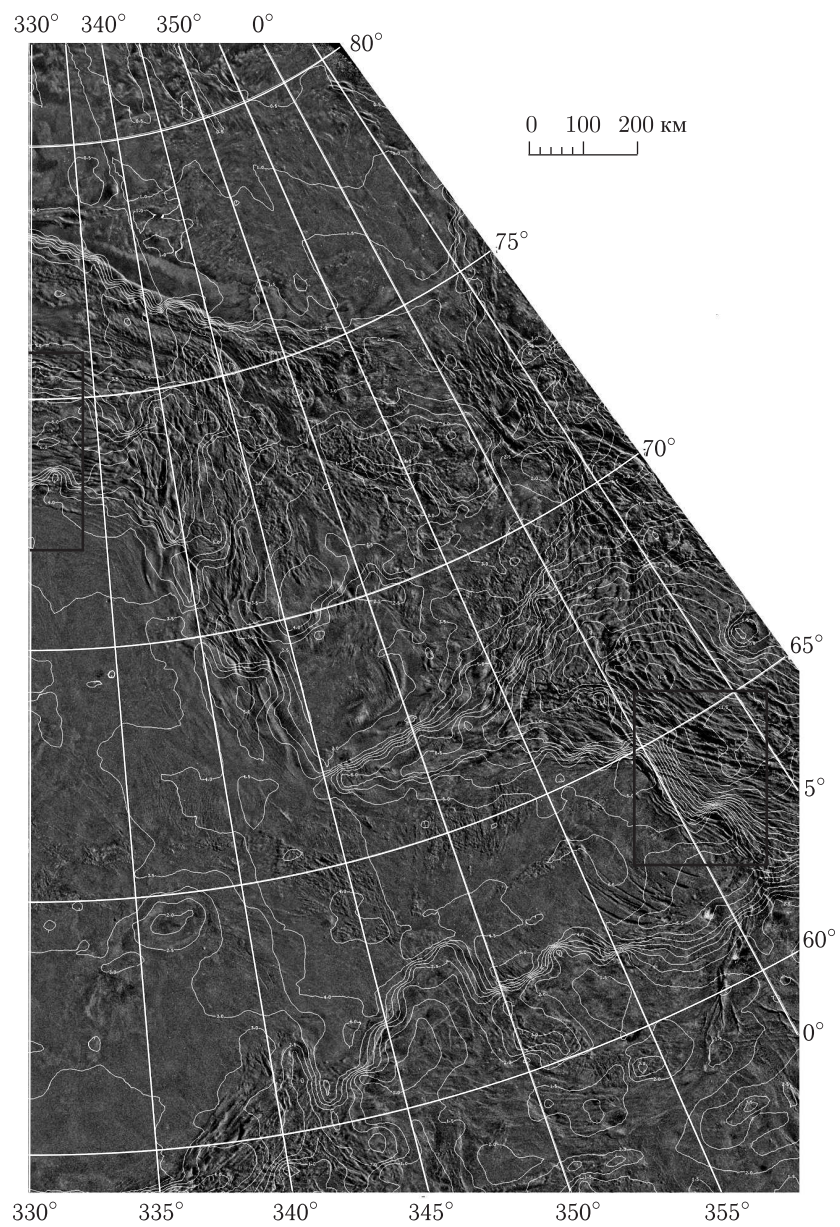


Рис. 2 а

500 м. Характер соотношения равнинного материала плато с возвышенностями вдоль изрезанных границ позволяет считать эти возвышенности останцами. Их расчлененная диагональной сетью гряд и борозд поверхность, очевидно, несет на себе следы прежних деформаций, которыми не затронуты более молодые равнинные отложения плато Лакшми.



Рис. 2б. Фотокарта плато Лакшми и прилегающих территорий. Контурами показаны фрагменты, приведенные на рис. 3–6 (а); схема планетографических названий (б)

**Горное обрамление плато Лакшми.** На юге основной массив плато обрамлен узким поясом шириной около 100 км (горы Дану), состоящим из линейных хребтов и долин между ними, которые ориентированы почти повсюду вдоль кромки плато. Отдельные хребты внутри пояса прослеживаются на десятки километров (до 100 км) в длину и имеют 10–15 км в ширину. В рельефе поясу линейных хребтов соответствует обращенный к югу уступ Весты высотой 3–5 км, так что региональный уклон на уступе может достигать нескольких градусов, а верхняя кромка уступа местами возвышается над поверхностью плато. Подножье уступа местами налегает на расположенную южнее область хаотического рельефа и захоранивает ее (рис. 2).

На западе плато ограничено пологим валом меридионального простирания, который к западу обрывается уступом. На поверхности вала

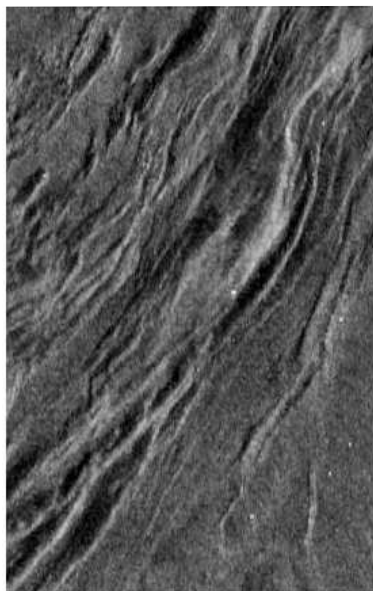


Рис. 3. Место сочленения плато Лакшми с горами Акны. Параллельная система асимметричных хребтов с крутыми склонами, обращенными к плато. С удалением от плато характерная длина хребта уменьшается. Размер участка  $240 \times 400$  км

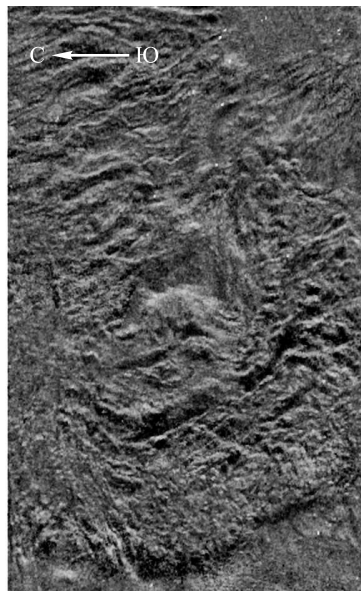


Рис. 4. Тессера Мойры — предположительно концевая часть гигантского потока пластичного материала, выжатого из-под юго-западного края плато Лакшми. Размер участка  $240 \times 400$  км

прочитываются несколько крутосклонных расселин, которые скорее всего являются зияющими трещинами растяжения. Крупнейшая из них имеет северо-восточное простирание и тянется примерно на 150 км при ширине в первые километры. В юго-западном углу листа к обрамлению Лакшми примыкает выраженная в рельефе структура в форме ограниченного четким уступом диска поперечником около 300 км, наложенного на поверхность холмистой равнины (рис. 4).

На северо-западе границей плато являются подножья гор Акны, поднимающиеся над его поверхностью на 2,5 км. В наиболее высокой части массив гор Акны сложен последовательностью асимметричных хребтов и депрессий длиной до 300 и шириной до 50 км с короткими крутыми склонами, обращенными к плато, и длинными пологими противоположными. В плане это кулисообразно расположенные куэсты, осложненные подобными же структурами более высоких порядков (рис. 3). В направлении к тессере Атропос характерный размер структур и высота гор уменьшаются. Максимальная длина отдельного хребта здесь не превышает 100 км, а вся эта сложно построенная

горная страна протягивается на север вплоть до границы с равниной Снегурочки.

На севере основной массив плато имеет трапециевидный выступ, обрамление которого представлено массивом гор Фрейи. В наиболее высокой части массив состоит из системы линейных хребтов длиной до 200 и шириной до 5–15 км, ориентированных в субширотном направлении. Эта упорядоченная система параллельных хребтов прослеживается в субширотной полосе шириной 150 и длиной 400 км. Восточнее полоса хребтов изгибается к югу, а на примыкающей поверхности плато видны радарно светлые полосы шириной в первые километры, ориентированные параллельно кромке плато и образующие в месте изгиба обрамления сеть с ромбическими ячейками. Наиболее высокие части массива возвышаются над поверхностью плато на 2,5–3,0 км (рис. 5).

Расположенная севернее горная страна (тессера Ицпапалотль) характеризуется менее упорядоченным рельефом. В восточной ее части преобладают субширотные простирания хребтов, но относительно упорядочены они лишь в пределах линзовидных блоков размером 200 × 100 км. Они также ориентированы субширотно и разделены разломами, которые прочтываются по линиям смещения структур и желобам (каньоны Мисне и Виресакки). На севере тессера Ицпапалотль ограничена крутым уступом Уорсар высотой 2,5 км, обрамляющим структуру Лакшми с севера на протяжении 1500 км (рис. 2).

К востоку от гор Фрейи в общем непрерывное обрамление плато Лакшми прервано обширной котловиной, днище которой смыкается с равниной Снегурочки. В изометричное понижение котловины поперечником 600–700 км и с высотами днища 2,5–3,0 км над уровнем поверхности с северо-запада спускаются валообразные структуры внешнего обрамления Лакшми. Они погружаются под материал равнины, который покрывает их по извилистым контактам. Восточной границей котловины являются гряды Семуни — пояс линейных структур длиной 600–700 км. Гряды и сопряженные с ними борозды вытянуты меридионально и имеют характерную длину 100 км при ширине 10–15 км. Северная оконечность пояса погружается под поверхность равнины Снегурочки, а южная смыкается с массивом гор Максвелла. Восточнее гряд Семуни в поле развития тесеры Фортуны прослеживаются пилообразные структуры, которые являются как бы продолжением внешнего обрамления Лакшми. Их Т-образные сочленения с поясом гряд Семуни свидетельствуют о том, что пояс является структурой наложенной (рис. 2).

На юго-восточном борту котловины расположен зажатый между двумя расселинами серповидный в плане хребет длиной около 400 и шириной 50–60 км. В центральной части он состоит из трех отдельных массивов, которые выглядят как линзообразные блоки размером 50 × 60 км относительно жестких пород, погруженных в более пластичную толщу. Сходство подчеркивается системами узких сопряженных



гряд и борозд, ориентированных конформно этим блокам и напоминающих линии течения. Далее на юго-восток начинается крутой подъем в сторону массива Максвелла.

**Восточный выступ плато Лакшми и горы Максвелла.** На широте пaterы Сакаджавея плато Лакшми имеет выступ, протягивающийся на восток на 800 км при ширине 200–300 км. Его восточная оконечность упирается в подножье гор Максвелла, поднимающееся крутым уступом над плато на высоту более 5 км. Поверхность плато к востоку слегка повышается: в центре плато Лакшми высоты составляют 3,0–3,5 км, и у подножья гор Максвелла 5,5 км над уровневой поверхностью. В юго-восточном углу выступа поверхность плато рассечена серией параллельных дугообразных борозд Рангрид северо-западного простирания, причем их юго-восточные концы имеют максимальную ширину до 10–15 км и сужаются к северо-востоку, постепенно сходя на нет. Длины борозд от 50 до 200 км. Судя по характеру отражения радиосигнала они имеют V-образный профиль поперечного сечения без признаком валов вдоль резких кромок. Похожие борозды меньших размеров имеются вдоль всей южной кромки выступа плато. Для образования таких борозд, очевидно, была нужна обстановка растяжения (рис. 6).

Массив гор Максвелла в пределах листа В-4 представлен своей северо-западной частью, где по гипсометрии и рисунку рельефа выделяется несколько зон. Юго-западный склон массива субпараллельно подножью изрезан системой сопряженных гряд и борозд шириной до 5 и длиной до 100 км. По смещениям полосчатой структуры можно выделить несколько крупных линзовидных в плане блоков, также ориентированных субпараллельно подножью. На поверхности плато вдоль кромки массива видна система асимметричных гряд с крутыми западными и пологими восточными склонами. Эти гряды не выражены в гипсометрии и располагаются на высотном уровне плато. Создается впечатление, что именно здесь поверхностный слой плато Лакшми раскалывается на чешуеобразные блоки с падениями на восток, которые «плотно упакованы» на западном склоне массива Максвелла.

В центральной части массива рисунок рельефа резко меняется, причем граница с крутым западным склоном почти прямолинейна и совпадает с линией нарушения структур. Этой части массива присущи длинные асимметричные гряды (до 200 км) шириной 20–25 км, состоящие как бы из пластин с падениями на запад, поскольку восточные «освещенные» склоны их, как правило, уже (менее 10 км), а западные шире. В целом рисунок обращенных к радару склонов напоминает систему ячеек сети, сильно вытянутой в северо-западном направлении. Эта зона приходится на область максимальных высот массива, но при картировании с разрешением 500 м по высоте вершина массива оказывается почти плоской (уклоны здесь на порядок меньше, чем на западном склоне). Ширина зоны 200, длина 400 км. К северо-востоку поверхность массива полого спускается к области

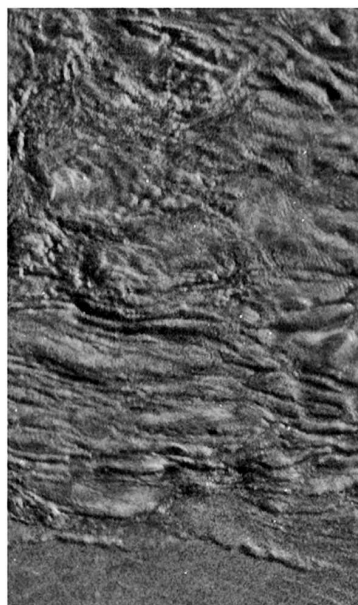


Рис. 5. Сочленение плато Лакшми с горами Фрейи. Система асимметричных субпараллельных хребтов в центре переходит в область разупорядоченного рельефа вверху. Размер участка 240 × 400 км

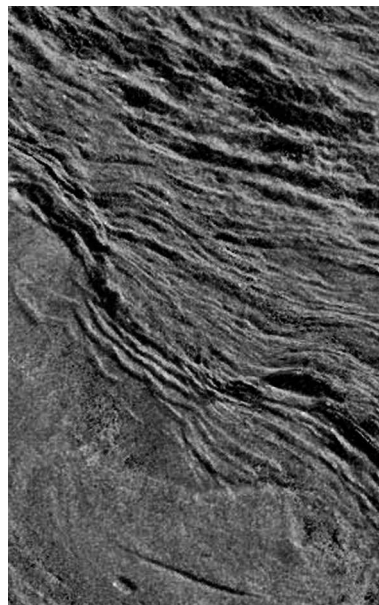


Рис. 6. Место сочленения восточного выступа плато Лакшми с горами Максвелла. В центре сжатые структуры крутого юго-западного склона массива, к которым примыкает участок плато, расчлененный на чешуеобразные блоки; наверху участок центральной зоны расколов на своде поднятия. Внизу слева — борозды Рангрид. Размер фрагмента 240 × 400 км

хаотического рельефа, где высоты в среднем такие же, как на восточном выступе плато Лакшми. Примерно в центре склона располагается крупная (диаметр 130 км по внешнему валу) двухкольцевая структура, похожая на ударный кратер.

Все склоны массива, кроме обращенного к Лакшми юго-западного, характеризуются радарно яркой поверхностью и «разупорядоченным» рельефом. На северо-западе центральная зона массива с крупным рисунком рельефа по зубчатой неровной границе контактирует с участком, резко отличающимся по рисунку структур, их ориентировке и шероховатости поверхности. Участок вытянут в северо-восточном направлении на 400 км, его северо-западная граница относительно прямолнейна, а на юго-востоке он имеет два треугольных выступа, вдающихся в центральную зону массива. Неровности пологого «морщинистого» рельефа пересечены здесь пятнами и линиями с низкой отражательной способностью, которые на стереомодели выглядят зияющими рассели-

нами. В целом соотношение границ участка с полосчатыми структурами массива таково, как если бы весь участок представлял собой покров, испытавший деформации растяжения.

Рельеф северо-восточного склона массива (за пределами листа) также разупорядочен: здесь наблюдаются относительно короткие (20–30 км) гряды и бугры и лишь в отдельных местах сохраняется параллельно-полосчатая упорядоченная структура.

Разупорядоченный рельеф, элементами которого являются короткие гряды и бугры, развит и на южном склоне массива (за пределами листа). Здесь он организуется в некоторое подобие валов, повторяющих очертания границ массива и почти точно следующих направлению изогипс, что, возможно, обусловлено оползанием материала вниз по склону.

Внешние границы описанных радарно ярких участков склона массива прослеживаются по резкому изменению альбедо в радиодиапазоне, а сходство рельефа позволяет объединить их в самостоятельный комплекс или тип местности, обрамляющий центральную зону массива гор Максвелла (см. также [2]).

### Ударные кратеры

Помимо упоминавшегося выше кратера Клеопатра предположительно ударного происхождения в пределах плато Лакшми и его горного обрамления есть несколько кратеров, несущих отчетливые признаки ударного образования. Среди них обращают на себя внимание кратер Ивка (68° с. ш., 304° в. д.), наложенный на равнинную местность и имеющий бабочковидную радиояркую зону выбросов, и кратер Коттон (71° с. ш., 300° в. д.), наложенный на гористую местность и также имеющий радиояркую зону выбросов. Ряд кратеров меньшего размера обнаружен на поверхности собственно плато Лакшми — это кратеры Рита, Магда, Злата, Берта, Людмила.

### Интерпретация геологического строения

Наиболее молодыми образованиями структуры Лакшми являются области собственно плато, образованные излияниями жидких лав из двух крупнейших центров — пater Колетт и Сакаджавея, а также ряда более мелких. Большой размах рельефа пater Колетт при равных размерах с пaterой Сакаджавея, а также отчетливо прослеживающиеся границы отдельных потоков свидетельствуют в пользу относительной молодости Колетт. Из-под поверхности лавовых потоков выступают над плато приподнятые останцы с пересекающимися системами трещиноватости, свидетельствующими об обстановке растяжения на этапе, предшествовавшем образованию лавовой равнины [3].

На окраинах плато (подножья гор Фрейи и Максвелла) видно, что в образование горного обрамления вовлекается материал плато. Судить

о строении горных районов можно на основании стереомодели в тех местах, где это позволяют условия съемки. В адекватности стереомодели убеждает ее сопоставление с данными альтиметрии и с относительно хорошо известной морфологией ударных кратеров. Анализ стереоизображений показывает, что значительные части массивов гор Акны и Фрейи оказываются системами асимметричных хребтов с простираниями, конформными плато, а это может косвенно указывать на их единое происхождение. Подобные системы асимметричных субпараллельных хребтов могут возникать как при блоковом (чешуйчатом), так и при складчатом их строении. Однако их образование независимо от механизма требует присутствия относительно жесткого поверхностного слоя мощностью порядка 10 км [5] и условий горизонтального сжатия. В направлении к периферии структуры Лакшми возрастает степень разупорядоченности в строении горных сооружений Акны и Фрейи (тессеры Атропос и Ицпапалотль соответственно), что может свидетельствовать об усложнении истории деформаций и об увеличении возраста структуры в этом направлении (рис. 7).

Зона линейных хребтов южного обрамления в целом не возвышается или возвышается незначительно над поверхностью плато, уклоны же на уступе Весты могут достигать нескольких градусов. При таком региональном уклоне структуры обрамления Лакшми на юге могут образоваться при пассивном гравитационном растекании массива плато, чему, возможно, способствовали высокие температуры поверхностного слоя [6]. В возникновении поднимающихся над уровнем плато гор Акны и Фрейи, видимо, принимали участие более активные усилия горизонтального сжатия.

Косвенно о горизонтальном течении вещества с уступа Весты свидетельствует дискообразная структура на юго-западе внешнего обрамления Лакшми (тессера Мойры), которая напоминает концевую часть гигантского потока пластичного вещества, излившегося или выдавленного из-под края плато. В сторону плато ее поверхность со структурами течения постепенно переходит в бугристый рельеф с расселинами, напоминающими трещины отседания. Такая картина могла возникнуть при движении потока, захватившего кровлю ниши, где он берет свое начало.

Восточный выступ Лакшми резко переходит в крутое подножье массива Максвелл с его уступом высотой 5 км, где сжатые структуры ориентированы поперек направления выступа. Структурно ситуация сходна с подножьями гор Акны и Фрейи: здесь также материал поверхностного слоя плато вовлекается в формирование горного массива с участием активных сил горизонтального сжатия. Все три ситуации находят свое объяснение с позиций горизонтальных подповерхностных потоков вещества, расходящихся радиально из центра Лакшми (рис. 8).

В случае массива Максвелла картина дополняется существованием субширотных сдвигов на его северной и южной границах. Об обстановке сдвига на северо-западной границе массива свидетельствуют протяженные желоба, маркирующие «притертые» линии нарушений, и

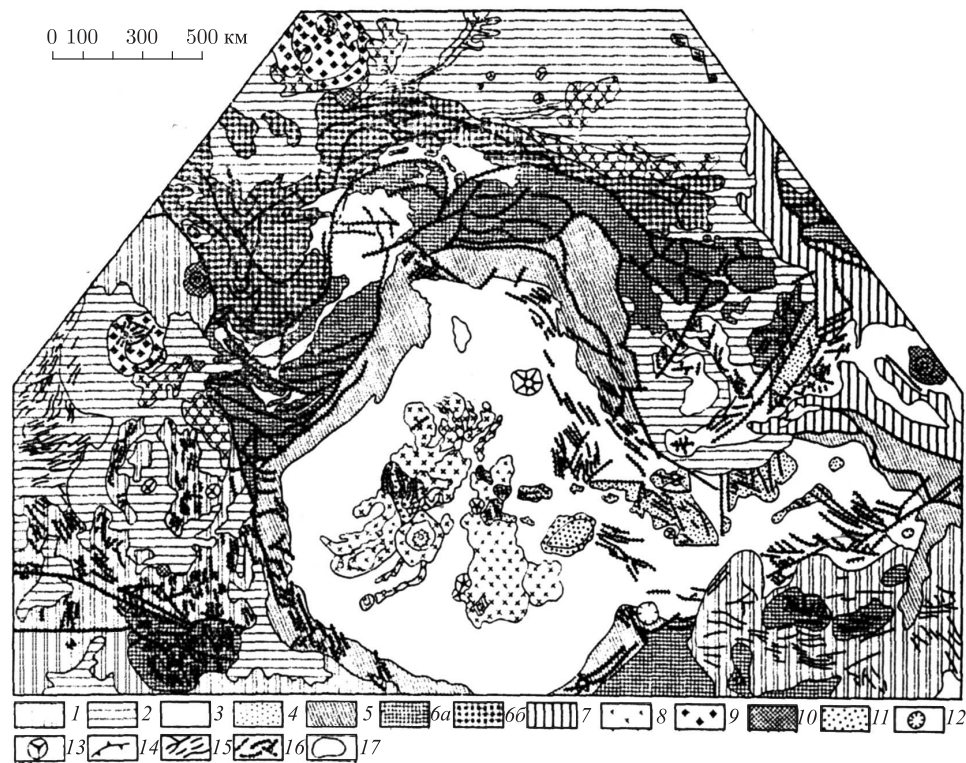


Рис. 7. Геолого-морфологическая карта плато Лакшми и прилегающих территорий. Условные обозначения: 1 — комплекс холмистых равнин; 2 — комплекс относительно молодых равнин и лавовых потоков; 3 — комплекс пород собственно плато Лакшми; 4 — останцы пересеченного рельефа в пределах плато Лакшми; 5 — комплекс внутреннего обрамления Лакшми; 6 — комплекс внешнего обрамления Лакшми (а, б — соответственно менее и более упорядоченный рельеф); 7 — комплекс линейных структур свода массива Максвелла и гряд Семуни; 8 — отдельные лавовые потоки с видимыми границами; 9 — оvoidы; 10 — ударные кратеры с зонами выбросов; 11 — кальдеры; 12 — округлые депрессии неясного происхождения; 13 — купола; 14 — осевые линии валов; 15 — выраженные в альbedo линеаменты на поверхности равнин; 16 — линии нарушений (разрыва сплошности или смещения структур); 17 — геологические границы

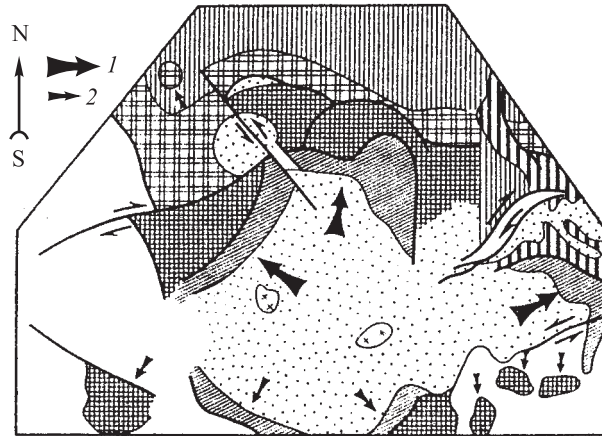


Рис. 8. Схема тектонического строения региона, иллюстрирующая направления астеносферных потоков (крупные стрелки) и гравитационного оползания (малые стрелки)

зажатые между ними жесткие линзовидные блоки с одной стороны разломов и зияющие расселины — с другой. Эта ситуация укладывается в схему правостороннего сдвига, обрывающего массив гор Максвелла с северо-запада. С юга восточный выступ Лакшми и горы Максвелла обрывает протяженная широтная линия нарушения, которая является сдвигом, но с левосторонним смещением и значительной вертикальной составляющей. На присутствие сдвига указывают борозды Рангрид, являющиеся скорее всего опережающими сколами, и гряды Ауски, похожие на валы сжатия, причлененные к сдвигу с юга под острым углом. Широтные сдвиги, ограничивающие выступ плато и массив Максвелла, очевидно, играют роль земных трансформных разломов, позволяющих потоку вещества двигаться в разных местах с различными скоростями.

Особо следует остановиться на радиоярком типе местности с разупорядоченным рельефом на склонах массива Максвелл. Он представляет собой, очевидно, единый геологический комплекс, о чем можно судить по рисунку рельефа, фототону и четкости границ распространения. На северо-западном склоне массива он выглядит как покров, лежащий на полосчатых структурах гряд Семуни и центральной зоны массива. Однако разупорядоченный рельеф покрова говорит о том, что он, вероятно, деформировался в период образования пояса и претерпел растяжение вплоть до возникновения зияющих трещин. В строении поверхности вытянутого далеко на запад отрога массива Максвелла принимают участие радарно светлые участки с изрезанными кромками, которые по характеру рельефа могут быть отторжениями покрова, тем более что между ними проглядывает темная полосчатая структура, ха-

рактерная для центральной зоны массива. С другой стороны, эти участки почти вплотную примыкают к северной кромке восточного выступа плато Лакшми. Это наводит на мысль, что и сам покров может быть сложен деформированными лавовыми толщами плато. Комплекс крутого западного склона массива по сути также сложен деформированными породами поверхностного слоя плато Лакшми, так как видно, что материал плато вовлекается в образование массива у его подножья. Однако здесь мы видим результат деформаций интенсивного сжатия, что привело к «плотной упаковке» блоков-чешуй, «нарезанных» из материала плато.

Центральная зона массива с ее крупным полосчатым рисунком рельефа выглядит совершенно отлично от сжатых структур западного склона, напоминая более всего систему гигантских сопряженных кулисообразно расселин, возникших как следствие растяжения на своде массива. На основе такого допущения образование массива можно рассматривать как результат воздымания с расколами на своде и концевой части мощного горизонтального потока вещества из центра Лакшми, что сопровождалось оползанием поверхностного слоя на склонах формирующегося поднятия. При этом возникла зона сжатых структур на западе, где поток из Лакшми набегал на формирующийся массив, и разупорядоченный рельеф на остальных склонах за счет оползаний по направлению потока или поперек его движения.

Основываясь на идее потоков, расходящихся из единого центра, образование складчато-разрывного обрамления Лакшми можно себе представить как результат скучивания материала поверхностного слоя, который должен был обладать большей жесткостью относительно подповерхностного, что следует из разумного допущения о существовании вертикального температурного градиента на Венере. Это приводит к неизбежному выводу о необходимости отрыва пластичного глубинного слоя от более жесткого поверхностного и о короблении и раскалывании на чешуеобразные блоки или смятия в складки последнего. Очевидно, следы именно такого процесса мы наблюдаем наиболее отчетливо на стыке восточного выступа Лакшми с массивом гор Максвелла. Возможным местом зарождения подповерхностных потоков следует считать центральную область замкнутой почти со всех сторон структуры Лакшми; на это указывают огромные масштабы молодого вулканизма и присутствие гигантских кальдер Колетт и Сакаджавей, что свидетельствует о притоке горячего материала недр в этом регионе.

Учитывая общие размеры структуры Лакшми и размеры ее обрамления, уместно называть потоки астеносферными, а жесткий поверхностный слой литосферой Венеры. С этих позиций структура Лакшми заслуживает названия своеобразного центра радиального спрединга, возникающего над восходящим током разогретого глубинного вещества.

### Выводы

1. Плато Лакшми и его обрамление — единая структура, образованная единым процессом, на что указывают ее компактность и конформность обрамления.

2. В основе механизма образования структуры лежит процесс подъема вещества из недр планеты к поверхности и его горизонтальное растекание, сопровождавшееся деформациями типа складчатости и (или) образования тектонических чешуи. Это позволяет говорить о Лакшми как о своеобразном локальном центре радиального спрединга, однако процесс спрединга прекратился после скучивания литосферы в массивы горных сооружений, что сопровождалось отрывом астеносферного потока от более жесткой литосферы планеты. В ходе формирования структуры мощность литосферы составляла порядка 10 км.

3. Крупномасштабные горизонтальные перемещения позволяют говорить о Венере как о планете с более сложной тектонической жизнью по сравнению с примитивными членами земной группы (Луна, Меркурий, Марс), где стиль тектоники ограничен преимущественно вертикальными движениями. Это дает основание считать Венеру промежуточным звеном в ряду усложнения типов деформаций между Землей с ее тектоникой плит и Марсом, тектоническая жизнь которого замерла на этапе образования гигантских каньонов и обширных поднятий, увенчанных крупными щитовыми вулканами.

### Литература

1. Александров Ю. Н., Захаров А. И., Крымов А. А. и др. Построение фотопланов поверхности Венеры по материалам радиолокационной съемки с АМС «Венера-15» и «Венера-16». — Геодезия и картография, 1985, № 9, с. 41–48.
2. Суханов А. Л., Пронин А. А., Тюфлин Ю. С. и др. Геолого-морфологическое описание Земли Иштар. Фотокарта Венеры, лист В-5. — Астрон. вестн., 1986, т. 20, № 2, с. 99–111.
3. Basilevskij A. T., Pronin A. A., Ronca L. B. et al. Styles of tectonic deformation on Venus: Analysis of Venera-15 and 16 data. Proc. Lunar Planet Sci. Conf. 16, Pergamon Press, 1985.
4. Davies M. E., Abalakin V. K., Lieske J. H. et al. Report of the IAU Working group on Cartographic coordinates and rotational elements of the planets and satellites: 1982. Celestial Mechanics, 1983, v. 29, p. 309–321.
5. Solomon S. C., Head J. W. Venus banded terrain: tectonic models for band formation and their relationship to lithospheric thermal structure. — J. Geophys. Res., 1984, v. 89, № B8, p. 6885–6897.
6. Weertman J. Height of mountains on Venus and the creep properties of rock. — Phys. Earth and Planet. Internal., 1979, v. 19, p. 197–207.



Институт геохимии и аналитической химии им.  
В. И. Вернадского АН СССР

Поступила в редакцию  
5.11.1986

Геологический институт АН СССР

Центральный научно-исследовательский инсти-  
тут геодезии, аэросъемки и картографии им.  
Ф. Н. Красовского

Институт радиотехники и электроники АН  
СССР

### **Geological-morphological Description of the Lakshmi Planum (Photomap of the Venusian Surface Sheet B-4)**

A. A. Pronin, A. L. Sukuanov, Yu. S. Tyuflin, S. A. Kadnichanskij,  
V. A. Kotelnikov, O. N. Rzhiga, G. I. Petrov, A. I. Sidorenko,  
Yu. N. Alexandrov, A. P. Krivtsov, V. P. Sinilo, G. A. Burba, N. N. Bobina

The morphological description of Lakshmi Planum and its surrounding is given: they are parts of a single structure. It is suggested that the mechanism of plume ascent from planetary interiors and its horizontal spreading is responsible for the structure formation. Folding and/or imbricating are the result of the process. Thus Lakshmi structure can be considered as a local center of radial spreading. The structure dimensions suggest that asthenospheric currents have been involved in its formation.