

ГЕОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАВНИН ЛОУХИ И АТАЛАНТЫ (ФОТОКАРТА ПОВЕРХНОСТИ ВЕНЕРЫ, ЛИСТ В-7)

*А. Л. Суханов, Н. Н. Бобина, Г. А. Бурба, Ю. С. Тюфлин, М. В. Островский,
В. А. Котельников, О. Н. Ржига, А. И. Сидоренко, Г. М. Петров,
Ю. Н. Александров, В. П. Шубин, В. Е. Зимов, И. Л. Кучерявенкова*

Астрономический вестник, 1988, т. XXII, № 2

Полосчатые равнины Лоухи и Аталанты представляют собой переходную зону от древних приподнятых дислоцированных «материков» на западе к «океаническим» равнинам с поясами растяжения на востоке. Полосчатые равнины покрыты сетью даек и зон дробления; их можно сравнивать с областями рассредоточенного спрединга на Земле.

Лист фотокарты В-7 (рис. 1) входит в серию карт, составленных по материалам радиолокационной съемки со станций «Венера-15» и «Венера-16» [1]. Геологическое дешифрирование проведено в масштабе 1:4 000 000, и эта карта генерализована до масштаба 1:16 000 000 (рис. 2); на рис. 3 даны названия и схема районирования, по которой ведется дальнейшее описание. Области, примыкающие к территории листа В-7 с запада и востока, были описаны ранее [2, 3]. В целом равнины Лоухи и Аталанты, занимающие гипсометрические уровни ± 1 км, представляют собой область перехода от систем грядовых поясов на низких равнинах (рис. 3, а) к дислоцированным областям на западе (рис. 3, б) с превышениями до 2 км и более; в этом порядке и ведется описание.

А. Грядовые пояса

Пояс Лукелонг был ранее описан [3] как гигантский линейный магматический диапир, образующий краевое звено системы субпараллельных грядовых поясов в секторе $150\text{--}250^\circ$ в.д. Структура продолжения этого пояса на описываемой территории листа В-7 подтверждает это заключение, хотя характер проявления этого диапира на поверхности здесь несколько меняется. На отрезке $153\text{--}173^\circ$ в.д. он представлен крупным весьма пологим сводом, центральная часть которого нарушена продольными грабенами и трещинами (рис. 4, а, внизу): очевидно, он создан при вздутии и раскалывании субстрата под напором вещества снизу. На отрезке $147\text{--}153^\circ$ он сменяется гладким

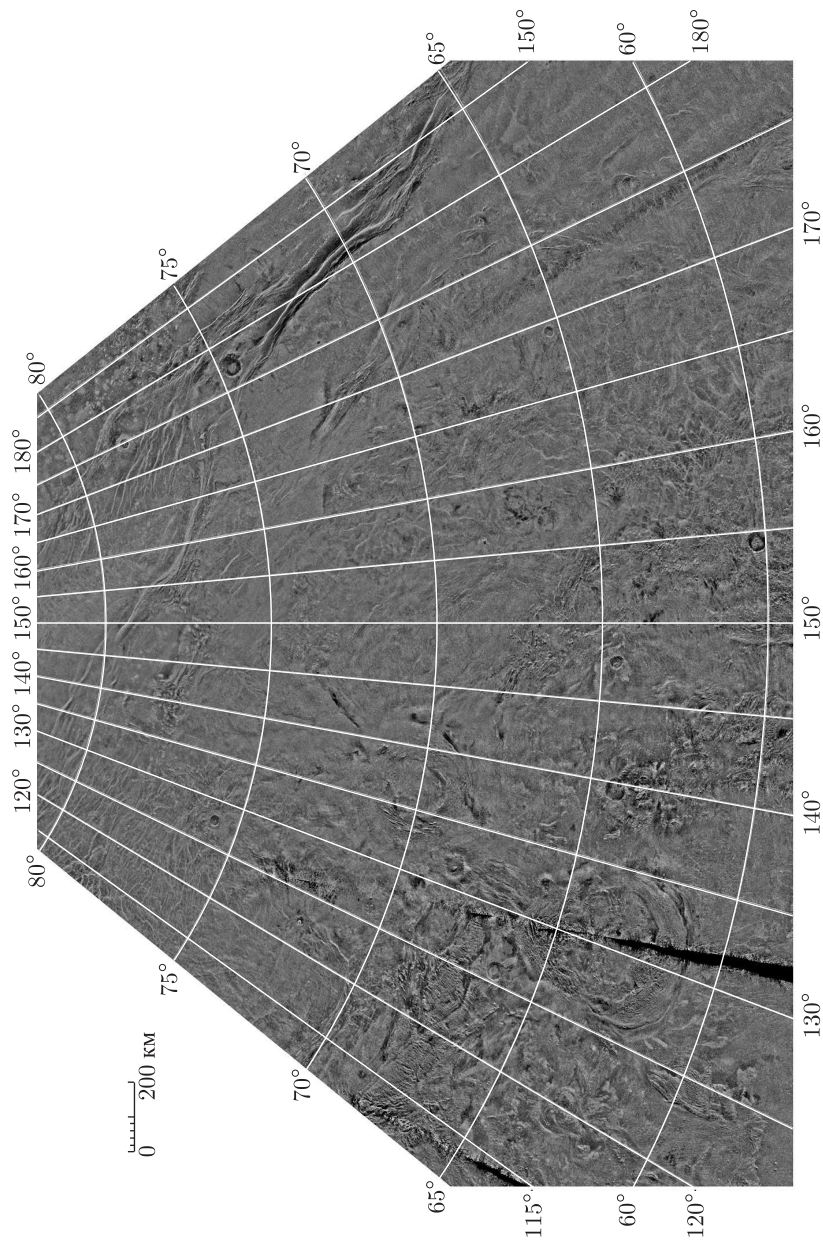


Рис. 1. Фотокарта поверхности Венеры, лист В-7



Рис. 2. Геолого-морфологическая карта поверхности Венеры, лист В-7. Условные обозначения: 1 — гладкие равнины; 2 — холмистые равнины; 3 — полосчатые равнины; 4 — гряды; 5 — светлые полосы; 6 — грядовые пояса; 7 — диапировые ядра поясов; 8 — вулканы; 9 — кальдеры; 10 — ударные кратеры; 11 — овоиды; 12 — вулcano-тектонические кольцевые комплексы; 13 — паркет; 14 — участки древних дислокаций; 15 — границы потоков; 16 — разрывы; 17 — борозды и трещины; 18 — компрессионные гребни

сводом, отороченным по подножью «воротничком» материала, как бы отжатого в стороны от оси свода: здесь диапир, видимо, подходит совсем близко к поверхности, размягчая кровлю (рис. 4, б, вверху справа). Далее к северо-западу от этого свода протягиваются «усы» — крупные резкие гряды, расходящиеся под острым углом на 70–100 км; от этих гряд распространяются массивные лавовые покровы (рис. 4, б, слева внизу), а пространство между ними заполнено меньшими субпараллельными грядами со слабо намеченной осевой симметрией всей ячейки. Вероятно, все эти гряды образованы лавовыми валами над магмоподводящими трещинами, ячейка представляет собой полосу последовательного растяжения литосферы, а величина 100 км может быть истинной величиной раздвижения литосферы на данном участке.

В северном направлении от пояса Лукелонг отщепляется пояс Юмын-Удыр, который на этом отрезке состоит из таких же узких гряд или же односторонних уступов. При этом субмеридиональные пологие уступы пересечены под острыми углами серией северо-западных гряд и уступов, но по простиранию они сливаются в единый пояс: видимо, те и другие образованы практически одновременно сопряженными разрывами, и часть разрывов послужила магмоподводящими каналами. Между поясами Лукелонг и Юмын-Удыр серия мощных субпараллельных гряд образует оперяющую систему (рис. 4, а, вверху). Юго-западнее Лукелонга видно еще несколько дополнительных ответвлений пояса: в некоторых из них видны скопления куполовидных вулканов, от других расходятся крупные лавовые потоки.

Пояса с их ответвлениями и крупные гряды образуют систему, делящую местность на несколько крупных линзовидных ячеек; система этих ячеек продолжается и к северо-западу, на полярном листе В-1; две из них частично ограничены зияющими трещинами и разрывами. Однако только одна из этих ячеек (с центром на 70° с. ш., 170° в. д.) является замкнутой, т. е. оконтурена со всех сторон поясами, как если бы здесь соединились с перехлестом две кулисные трещины. Остальные ячейки сохранили связь с соседними областями в виде перемычек; они находятся на той же высоте, что и окружающие равнины, они довольно асимметричны в плане, внутри их не видно следов последовательного раздвигания. В основном эти ячейки залиты лавами, и поэтому мы не можем уверенно судить об их истории, но скорее всего они представляют собой блоки, вырезанные в древней литосфере более молодыми дуговидными разрывами, по которым затем сформировались пояса как результат подъема магмы между раздвигающимися блоками; в самих же ячейках растяжение могло быть незначительным.

Б. Полосчатые равнины

Полосчатые равнины протягиваются от района кратера Кленова на северо-западе (лист В-6) до южных окраин равнины Аталанты (лист В-15), занимая территорию около 700 × 3500 км. В центральной части

листа В-7 эта зона на протяжении 600 км перекрыта относительно молодыми лавами, связанными с овоидом Эрхат и со структурным поднятием, на котором он расположен, но очевидно, что полосчатые равнины продолжают под лавами, не меняя своего характера.

Поверхность равнин покрыта бесчисленными светлыми полосами и невысокими грядами шириной до первых километров, редко до 15–25 км, и длиной от 20–40 до 100–200 км. Гряды имеют слабо выпуклый или платообразный профиль: в среднем они несколько уже, чем полосы. Те и другие чередуются между собой и часто переходят одни в другие, а все вместе образуют единые перекрестные (рис. 5, а), полигональные, перьевидные и чешуйчатые рисунки. Иногда одни гряды и полосы пересекают другие; гряды могут сменяться расщелинами; иногда они расплываются, превращаясь в плоский язык вещества, перекрывающего соседние структуры.

Асимметричные гряды можно интерпретировать как небольшие уступы по разрывам, однако двусторонние симметричные валы, объединяющиеся в сложные сети, очевидно, образованы выжимками магм над подводными трещинами (дайками). В разрезе они должны быть похожими на грибы: тонкая ножка (дайка), накрытая плоским конусом лав на поверхности, высотой, видимо, в десятки метров и шириной в километры.

Светлые полосы без видимого рельефа, вероятно, образованы менее вязкими лавами вдоль трещин: возможно, при иных условиях съемки рельеф будет обнаружен и здесь. Но некоторые полосы шириной до 25 км имеют четкие субпараллельные ограничения, как грабены, на протяжении десятков километров (в районе кратера Кленова). Эти полосы могут представлять собой зоны вторичных изменений пород над слепыми дайками или «сухие» зоны дробления.

На участках полосчатой равнины, наиболее насыщенных грядами и полосами, их насчитывается до 10–12 на 100 км сечения с юго-запада на северо-восток. На северо-востоке вдоль системы грядовых поясов эти структуры тянутся преимущественно параллельно общему простиранию поясов или образуют оперяющие их системы. С удалением от поясов в юго-западной части зоны начинают преобладать решетчатые и чешуйчатые рисунки. Некоторые из них, очевидно, наследуют направления дислокаций погребенного фундамента: так, решетчатые рисунки на лавах вдоль южной границы листа напоминают структуру паркетных возвышенностей. Чешуйчатые и черепитчатые рисунки свойственны равнине Лоухи, и характер создавших их напряжений остается неясным.

На некоторых участках поступление лав было столь интенсивным, что все полосчатые структуры перекрываются скоплениями вулканических куполов и сливающихся потоков, образующих увалистые плато. Обычно же гряды и полосы, если и перекрыты, то незначительно, и их плотность на единицу площади меняется незначительно. Если в зоне грядовых поясов А растяжение локализовалось в собственно поясах,

то в зоне полосчатых равнин Б оно, очевидно, было относительно равномерно распределено на обширных территориях, сравнимых по площади и по геометрии с тыловыми бассейнами земных островных дуг (где также обнаруживаются признаки региональных растяжений), и реализовывалось в появлении огромных сетей даек. Эти образования можно сравнивать с областями рассредоточенного спрединга на Земле. Суммарная амплитуда растяжения, конечно, должна быть меньше, чем общая ширина всех гряд и борозд на поверхности, так как мощность питающих даек меньше ширины расходящихся от них потоков, а с другой стороны, часть лаек перекрыта позднейшими потоками или не доходит до поверхности (как и в земных спредпиговых комплексах, где количество даек нарастает в более глубоких частях разреза). Поэтому оценить общую величину растяжения полосчатых равнин не представляется возможным.

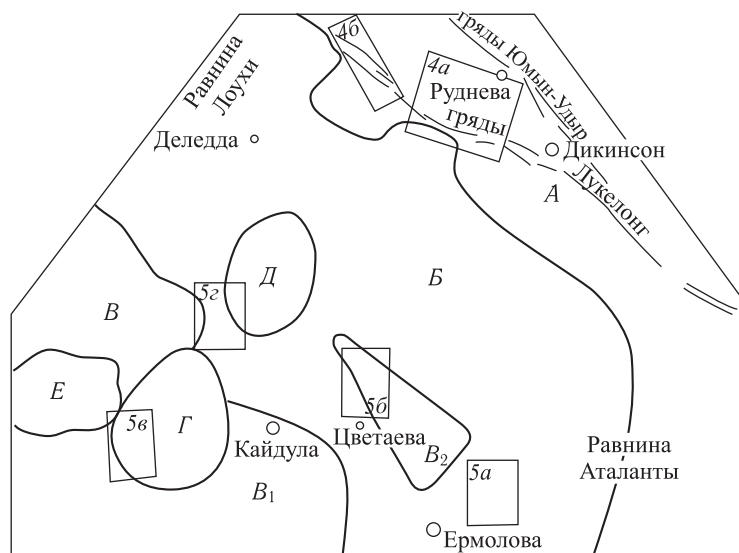


Рис. 3. Схема районирования территории листа В-7 и границы кадров, приведенных в статье в увеличенном виде (цифрами указаны номера рисунков)

В. Области площадных дислокаций

Площадные дислокации представлены относительно молодыми участками паркета в западной части территории (тессера Мешкенет), частично перекрытыми лавовыми толщами (зона В), и более древними системами нарушения на востоке, где они сложно сочетаются со структурами полосчатых равнин (В₁ и В₂).

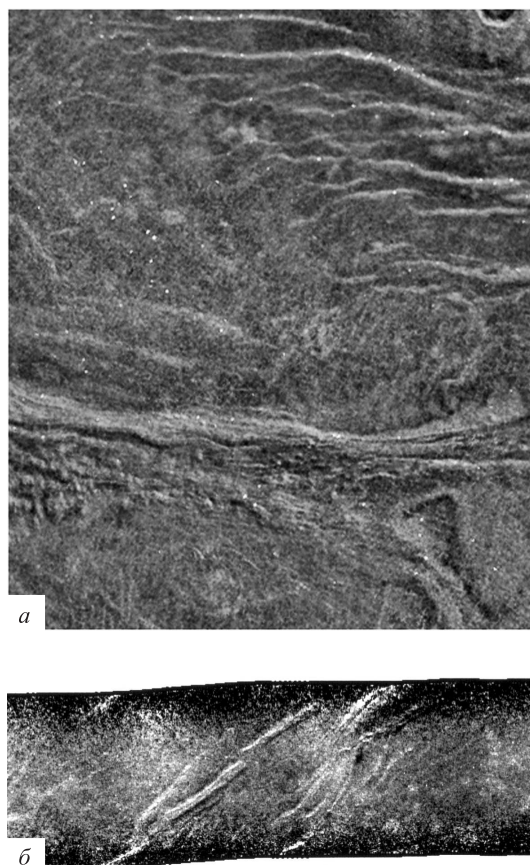


Рис. 4. Грядовые пояса и отдельные гряды: *а* — диапировый пояс Лукелонг и оперяющие гряды к северо-востоку от него, 440 × 360 км; *б* — линейный диапир, окруженный компрессионными гребнями: от гряды слева внизу отходит мощный лавовый поток, 450 × 160 км

Паркет тессеры Мешкенет был описан ранее [2]: это крупные глетчеровидные языки материала, перемещавшегося в юго-восточном направлении, по-видимому, в пластичном (разогретом) состоянии, с частичным перекрытием прилегающей местности. На востоке эти языки «упираются» в субмеридиональный вал между овоидами Эрхат и Найтингейл, что подтверждает их поверхностную природу. Любопытны соотношения этого материала с 60-километровым кратером на 66,5° с. ш., 126° в. д.: этот кратер врезан в краевую часть паркетного потока, однако паркетная структура сохраняется неперекрытой до самого гребня кратера, т. е. на этом участке нет никаких выбросов из кратера. Если бы такой кратер находился на равнине, его можно было бы счесть

метеоритным образованием, тогда как на деле он является кальдерой проседания, что подтверждается и небольшими вулканами, перекрывающими его южный и частично северный отрезки вала.

Возможно, часть паркетного материала скрыта под лавами в полосе 68–70° с. ш., где в лавах проявлена характерная ортогональная трещиноватость, а от типичных полосчатых равнин на севере вся эта система отделена мощной разломной зоной вдоль 70° с. ш.

К паркетным образованиям мы относим и материал, частично захватываемый юго-западным углом листа (паркет «Подкова»). Здесь потоковидные и лепешкообразные формы с грядово-бороздчатой поверхностью образовались, скорее всего, при поверхностном скольжении материала мощностью до 300–700 м по очень пологому региональному уклону от горы Мелии к югу, представляя собой по сути гигантский оползень.

На описываемой территории не встречено случаев деформации лавовых толщ вблизи блоков паркета, хотя в более западных районах такие случаи отмечались; здесь в зоне В молодые лавы перекрывают яски паркета. Однако в районах площадных дислокаций В₁ и В₂ лавы полосчатых равнин, перекрывающие древние блоки, частично наследуют рисунок этих блоков. Участок В₁ похож на беспорядочный паркет с несколькими неясными кольцевыми структурами, перекрытый маломощными лавами. Участок В₂ представляет собой особый случай: внешне эти дислокации, на первый взгляд, похожи либо на залитый лавами грядово-бороздчатый пояс, либо на особый тип паркета (рис. 5, б). На самом деле, это протяженная зона интенсивного дробления, где на основную систему северо-западных разрывов наложено несколько дополнительных систем, так что над поверхностью лав остались только угловатые останцы. Здесь также видны разбитые реликты крупных кольцевых структур, возможно, сохранившиеся от периода интенсивной бомбардировки.

Примечательно, что такие же зоны дробления встречены на заснятой территории только в одном месте — на плато между горами Акны и областью Метиды. Это, а также распространение в обеих областях крупных овоидов и тессер позволяет предполагать, что некогда они объединялись в единый массив, впоследствии разобщенный системой грядово-бороздчатых поясов. Судя по высокой плотности ударных кратеров на листе В-7, эта область в целом относится к одной из древнейших из закартированных до сих пор. Этот древний дислоцированный массив, видимо, растащен на отдельные блоки (например, два блока разделены прогибом с небольшим грядовым поясом на 146–149° в. д. у южной границы листа).

Г. Д. Овоиды

На схеме 3 буквами Г и Д обозначены Найтингейл и Эрхат, которые по внешнему виду представляются самыми молодыми из всех структур такого типа на заснятой территории. Они «насажены» на валообразное

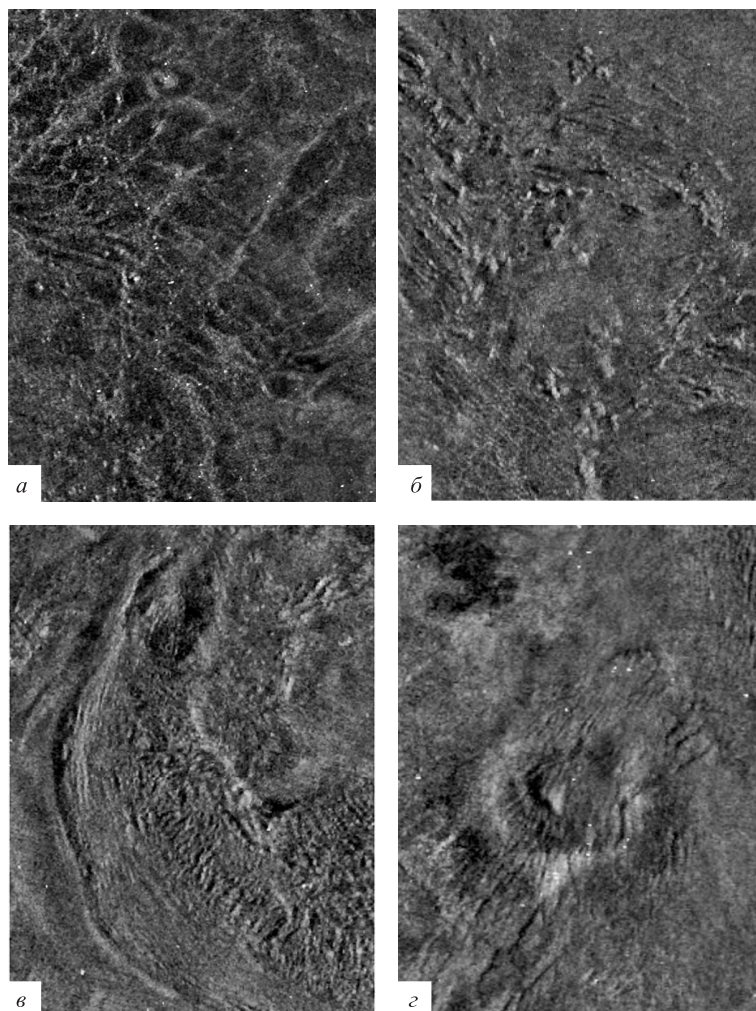


Рис. 5. Отдельные участки поверхности: *а* — перекрестная система гряд и светлых полос на полосчатой равнине; *б* — система древних дислокаций и реликты кольцевых структур; *в* — юго-западная часть вала овоида Найтингейл; *г* — вулcano-тектоническая структура на раздробленном своде северо-восточного простирания. Все кадры 300 × 210 км

поднятия, которое прослеживается примерно от 58 до 75° с. ш., свод этого поднятия рассечен продольными расщелинами.

Найтингейл представляет собой массивный кольцевой вал, у внешнего подножья которого тянется прерывистый ров, как если бы этот вал проседал под собственной тяжестью. Гребень вала рассечен серией ко-

ротких поперечных борозд (рис. 5, в); возможно, это апикальная часть магматического диапира по кольцевой трещине. Местами вал покрыт пологими вулканами и лавами, стекающими с гребня вала на соседние структуры. Внешний и внутренний склоны вала по большей части гофрированы в мелкие морщины, параллельные его простиранию, которые могли образоваться в результате оползания вещества вниз по склонам вала под уклон порядка $1-1,5^\circ$. В северной части вала рисунок его внутреннего склона, как и у некоторых других овоидов, создан оползанием масс вещества с хаотическим рельефом, что несколько напоминает отдельные участки паркета. Внутренняя платформа овоида частью находится на уровне окружающей местности, а частью опущена ниже ее; крутые уступы, отделяющие ее на значительном протяжении от внутренних склонов вала, позволяют предполагать, что раньше эта платформа была выше окружающей местности и лишь затем опущена по сбросам.

Овоид Эрхат — кольцевой гребень поперечником 170 км, окружающий лавовую платформу и находящийся на вершине вулканического сооружения поперечником около 400 км и высотой 1,5 км — что-то вроде огромного, но низкого вулкана с гигантской кальдерой. На склонах сооружения видны признаки неоднократных излияний и деформаций, преимущественно разрывных; от него в стороны расходятся субрадиальные разрывы протяженностью до многих сотен километров, а вся местность вокруг этого вулкана в радиусе сотен километров покрыта молодыми лавами, связанными если не с ним самим, то с этими радиальными разрывами. Надо заметить, что эти разрывы вряд ли были следствием возникновения овоида Эрхат, а скорее наоборот, они определили его положение, поскольку некоторые из этих разрывов могут быть прослежены на огромные расстояния и даже уходят за пределы описываемого листа.

Остается неизвестным, представляет ли Эрхат раннюю стадию развития овоида, не подвергшегося обрушению, или же Эрхат и Найтингейл с самого начала развивались разными способами: в пользу последнего предположения свидетельствуют признаки активного поднятия, вздувания кольцевого вала Найтингейла, тогда как у Эрхата вал является краем кальдеры.

Северо-восточный свод, соединяющий эти два овоида, очевидно, относится к тектоно-магматическим образованиям, и на нем располагается характерный вулкано-тектонический комплекс центрального типа поперечником 80 км (рис. 5, г).

Е. Гора Мелии

Эта гора имеет высоту около 1,5 км, но опознается как возвышенность только по альтиметрии, поскольку поперечник ее подножия составляет 450–500 км; такие пропорции характерны для всех крупных вулканов Венеры. Нижние части склонов горы сложены пятнистыми

лавовыми потоками, спускающимися к подножью вулкана. В средней части склон прерывается треугольной кальдерой, в которой размещается верхняя конусовидная часть этого вулкана, почти целиком заполняющая кальдеру. Апикальная часть конуса занята сложным сочетанием куполов и западин. Лавы, спускающиеся с восточного склона вулкана Мелии, незаметно сливаются с лавами, стекающими с гребня вала овоида Найтингейл: вероятно, они имеют близкий возраст, и в таком случае непонятно, почему две эти соседние вулcano-тектонические конструкции одинакового размера и возраста имеют такой разный облик.

Кратеры и кальдеры

Около 10 кратеров на описываемой территории могут быть с той или иной степенью достоверности отнесены к метеоритным; три самых крупных из них имеют поперечники по 60 км. Молодые кратеры окружены довольно широкими плащами выбросов (или вулканических продуктов, извержение которых вызвано ударом?), но мощность их, видимо, невелика, так как у более древних кратеров выбросы практически неразличимы, хотя эрозия, насколько известно, развита слабо.

Несколько кольцевых или субконцентрических хорошо выраженных структур, очевидно, образованы вулканическими процессами, например на $64,5^\circ$ с. ш., $147,5^\circ$ в. д. или структура на 66° с. ш., 133° в. д., наполовину перекрытая материалом, стекающим с вала овоида Найтингейл. Но кроме них существует много структур, для которых неопределенными являются не только генезис, но и сами их очертания. В центре листа из-под лав просвечивают деформированные взаимно перекрывающиеся кольца поперечниками 100–300 км, маркируемые гребнями, трещинами, темными полосами и т. д. Возможно, это реликты древнейших ударных форм или же остатки разрушенных овоидов. А на относительно молодых лавах часто различаются очень низкие, размытые, с нечеткими контурами кольцевые формы с поперечниками по несколько десятков километров, похожие в плане на вулканы с кальдерами или на вулcano-тектонические центральные комплексы.

Выводы

Область равнин Лоухи и Аталанты является обширной переходной зоной от возвышенных «материковых» структур на западе к «океаническим» лавовым равнинам с грядовыми поясами на востоке.

«Материковые» формы на западе представлены древнейшими областями площадных и линейных дислокаций, участками паркета и крупными вулcano-тектоническими сооружениями (похожие «материковые» структуры встречаются восточнее только за системой грядовых поясов, в области от Метиды до Лакшми). На листе В-7 при движении с запада на восток «материковый» массив, видимо, разбивается на отдельные

блоки, которые несколько раздвигаются и постепенно все больше перекрываются лавами.

Центральная часть территории целиком залита лавами, на которых в результате регионального растяжения возникла зона шириной 700–900 км, густо насыщенная сетями даек и разрывов и скоплениями вулканических центров.

В восточной и северо-восточной части листа В-7 появляются грядовые пояса, представляющие собой линейные магматические диапиры и системы субпараллельных даек. Пояса проходят по зонам региональных разрывов, разрезающих более древний субстрат на линзовидные блоки, залитые лавами. Растяжение по отдельным поясам достигает величины 100 км, но величина растяжения между поясами в залитых лавой блоках остается неизвестной.

Региональные растяжения в пределах пояса Лоухи–Аталанты могли быть обусловлены двумя механизмами: 1) движение всего «материкового» массива (восточной части земли Иштар) к юго-западу с образованием «океанического» зияния между этим массивом и массивом восточнее Метиды; при этом краевая его область восточнее овида Найтингейл «отстает» в этом движении и раскалывается; 2) поддвижение частей коры с востока на запад, под кору в области Лоухи и Аталанты, в результате спрединга, центр которого находится восточнее [3]; при таком подвигании кора увеличивает мощность и начинает всплывать, меняется термический режим, и это может привести к растяжениям на поверхности, как в тыловых бассейнах островных дуг. Оба варианта остаются, конечно, не более чем предположениями.

Литература

1. Пронин А. А., Суханов А. Л., Тюфлин Ю. С. и др. Геолого-морфологическое описание плато Лакшми (фотокарта поверхности Венеры, лист В-4) // Астрон. вестн. 1986. Т. 20. № 2. С. 83–98.
2. Суханов А. Л., Тюфлин Ю. С., Островский М. В. и др. Геолого-морфологическое описание тессер Фортуны и Мешкенет (фотокарта поверхности Венеры, лист В-6) // Астрон. вестн. 1986. Т. 20. № 4. С. 259–271.
3. Суханов А. Л., Пронин А. А., Бобина Н. П. и др. Геолого-морфологическое описание гряд Лукелонг–Окипеты (фотокарта поверхности Венеры, лист В-2) // Астрон. вестн. 1988. Т. 22. № 1. С. 3–12.

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

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

Институт радиотехники и электроники АН СССР

Поступила в редакцию
30.XII.1987

**Geological-morphological Description of
Loukhy–Athalanta Area (Photomap of the Venusian
Surface, Sheet B-7)**

A. L. Sukhanov, N. N. Bobina, G. A. Burba, Yu. S. Tyuflin,
M. V. Ostrovskij, V. A. Kotelnikov, O. N. Rzhiga, A. I. Sidorenko,
C. M. Petrov, Yu. N. Alexandrov, V. P. Shubin, V. E. Zimov,
I. L. Kucheryavenkova

Striped plains of Loukhy–Athalanta area represent transitional zone from the older dislocated elevated «continents» at the west to the younger «oceanic» plains with extensional belts at the east. Striped plains are covered with nets of dikes and fracture zones, and they can be compared with areas of dispersed spreading on the Earth.