

**ГЕОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ
ОБЛАСТИ ГРЯД ЛУКЕЛОНГ–ОКИПЕТЫ
(ФОТОКАРТА ПОВЕРХНОСТИ ВЕНЕРЫ,
ЛИСТ В-2)**

*А. Л. Суханов, А. А. Пронин, Н. Н. Бобина, Г. А. Бурба, Ю. С. Тюфлин,
М. В. Островский, В. И. Кабешкина, В. А. Котельников, О. Н. Ржига,
Ю. Н. Александров, А. И. Сидоренко, Г. М. Петров, Н. В. Родионова,
О. С. Зайцева*

Астрономический вестник, 1988, т. XXII, № 1, с. 3–12

Меридиональные грядовые пояса на 175–245° в. д. образованы за счет растяжения литосферы и внедрения линейных магматических тел, образующих на поверхности гряды и валы. В ячеях между поясами наблюдаются широтные (нормальные к поясам) системы разрывов. Вся система поясов симметрична относительно оси 200–210° в. д., на которой расположено несколько горячих точек.

Лист фотокарты В-2 (рис. 1) входит в серию карт, составленных по материалам радиолокационной съемки со станций «Венера-15» и «Венера-16» [1]. Геологическое дешифрирование выполнено в масштабе 1:4 000 000, и эта карта генерализована до масштаба 1:10 000 000 (рис. 2, 3). Южная часть листа В-2 непосредственно смыкается с листом В-8, описанным в следующей статье этого же номера журнала, и геологические структуры, продолжаясь с одного листа на другой, образуют единый комплекс, так что выводы, полученные на материале отдельных участков, могут быть в той или иной мере интерполированы на всю территорию листов В-2 и В-8. Гипсометрически эта область относится к равнинам нулевого уровня с отдельными возвышенностями и понижениями в пределах обычно ± 1 км, редко повышаясь до 2,5 км.

Грядовые пояса

Грядовые пояса, впервые открытые на Венере по радиолокационным изображениям, полученным со станций «Венера-15» и «Венера-16», являются доминирующими структурами листов В-2, В-8 и В-10. Они образуют сложный комплекс, напоминающий гигантский раскрытый к югу веер, «пластинки» которого образованы отдельными поясами, а промежутки между ними заполнены монотонными на первый взгляд равнинами, сложенными, очевидно, лавовыми толщами.

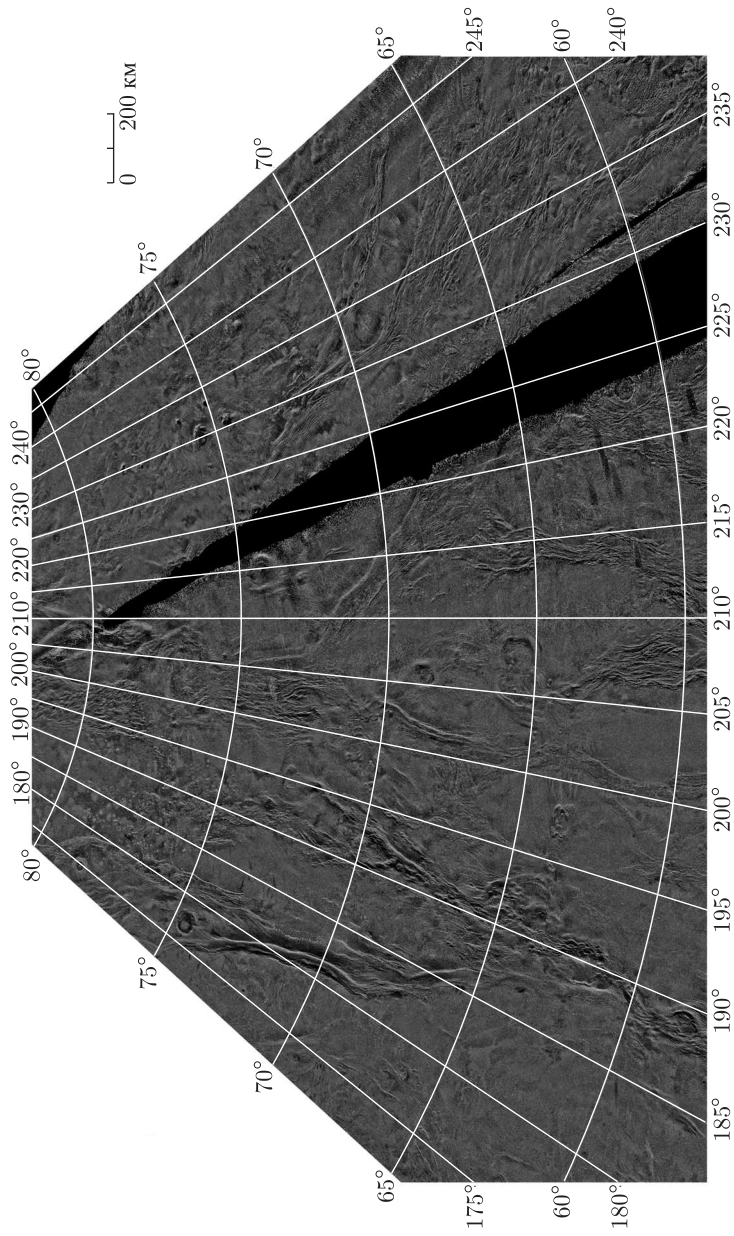


Рис. 1. Фотокарта поверхности Венеры, лист В-2



Рис. 2. Геолого-морфологическая карта Венеры, лист В-2: 1 — гладкие равнины; 2 — холмистые равнины; 3 — полосчатые равнины; 4 — границы потоков; 5 — паркет; 6 — блок Ахсоннутли; 7 — грядовые пояса; 8 — экструзивные купола; 9 — компрессионные гребни; 10 — эффузивно-экструзивные комплексы; 11 — овоиды; 12 — вулканы; 13 — пауки; 14 — кальдеры; 15 — разломы; 16 — структурные линии; 17 — дайки; 18 — ударные кратеры без выбросов; 19 — ударные кратеры с выбросами; 20 — границы

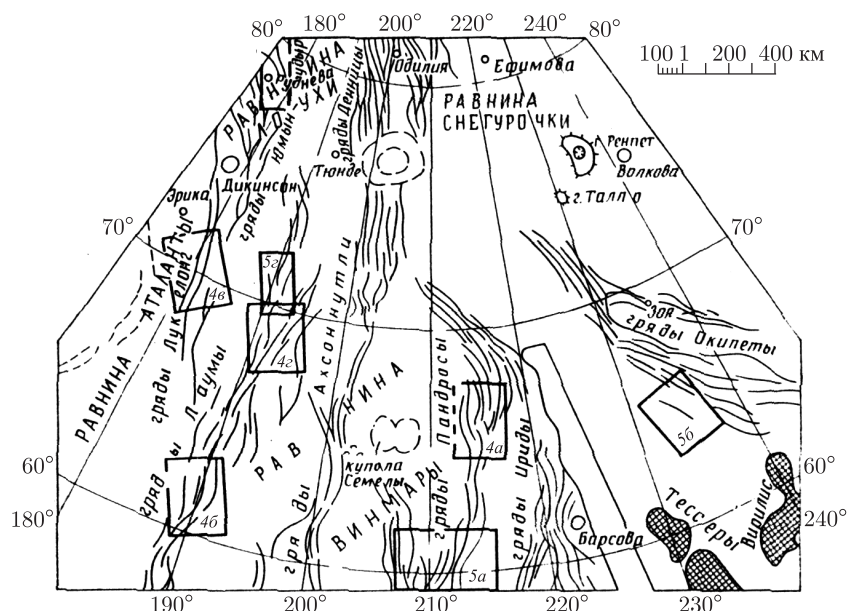


Рис. 3. Наименования структур и положение фрагментов, показанных на рис. 4, 5

Пояса, имеющие ширину от 20 до 250 км, обычно состоят из чередующихся субпараллельных гряд и борозд с характерными поперечниками 10–15 км и длиной от 20–30 до 300 км и более. Пятно осреднения высотомера до 40–50 км обычно не позволяет установить высоту отдельных гряд: можно лишь сказать, что она не превышает первых сотен метров. В целом пояса как правило несколько выше, чем непосредственно прилегающая равнина (хотя есть исключения) и характеризуются повышенной шероховатостью поверхности [2].

Типичный пояс с относительно равномерным чередованием гряд и борозд представляется похожим на незеродированную складчатую систему, хотя отношение длины «складок» к их ширине обычно более 10:1, что выглядит необычным для монокристаллических базальтовых толщ. Плавные изгибы поясов как бы приспосабливаются к очертаниям «жестких» блоков между ними, а коленообразные флексуры, похоже, маркируют крупные поперечные разрывы со сдвиговыми смещениями.

Однако при ближайшем рассмотрении оказывается, что многие особенности строения поясов и их взаимные соотношения не укладываются в эту схему и требуют иного объяснения [3].

1. По крайней мере в двух случаях (62–63° с.ш., 220–222° в.д. и 66° с.ш., 215° в.д., рис. 4, а) один грядовой пояс отчетливо пересекает другой и никаких следов прежнего пояса не сохраняется в пределах нового, как было бы в случае складчатых деформаций.

Такие соотношения были бы естественными, если бы пояса состояли из линейных магматических тел, насыщающих зоны растяжения. Иногда одни линейные элементы пояса пересекают другие элементы того же пояса ($75\text{--}78^\circ$ с. ш., 178° в. д.), что во всяком случае свидетельствует об их дизъюнктивной природе.

2. Значительные отрезки поясов, несомненно, образованы массивными вулканическими накоплениями, перекрывающими смежные участки (гряды Окипеты) или состоят из отдельных вулканических куполов и крупных кратеров (гряды Денницы, Лаумы, рис. 4, б), так что для «складок» фактически не остается места: образование таких массивных вулканических накоплений предпочтительнее объяснять обстановкой растяжения. Гряды Лаумы, почти целиком состоящие из вулканических тел разной формы, протягиваются по дну крупной меридиональной депрессии глубиной 0,5–1,0 км, что также говорит о растяжении.

3. Некоторые пояса или их отрезки образованы массивными валами с узкими депрессиями на вершинах. Самый поразительный пример этого — вал пояса Лукелонг (рис. 4, в), который также тянется по дну долины около 0,5 км глубиной. Вдоль его гребня видны несколько грабеновидных депрессий; на севере и на юге он расщепляется на отдельные «жилы». Эту структуру объяснить сжатием крайне затруднительно, скорее это вздутие над линейным интрузивом с частично обрушенной кровлей, а интрузив локализован в долине, т. е. в зоне растяжения.

Другой пример такого рода — отрезок гряд Лаумы на $67\text{--}70^\circ$ с. ш. (рис. 4, г). Здесь четко видно, что массивный вал (опять-таки на дне ложбины глубиной 0,5 км) сечет полудуговую структуру, а южнее этого пересечения на валу расположена эллиптическая кальдероидная депрессия; к северу он также расщепляется на серию параллельных гребней. Еще одна одиночная массивная гряда продолжает пояс Ахсоннутли на $67\text{--}70^\circ$ с. ш., заканчиваясь вулканом поперечником 20 км. (К сожалению, на приводимой фотокарте изображение этой полосы двояко и одиночная гряда кажется двойной.)

Некоторые такие массивные интрузивные валы обрамляются по подножью узкими гребнями, образующими как бы «воротничек», из которого выпирает вал; иногда эти гребни срезают и уничтожают параллельные гряды и борозды пояса, среди которых возвышается вал. Создается впечатление, что такие обрамляющие гребни созданы или за счет оползания кровли интрузива к его краям, или путем «расталкивания» интрузивом вмещающих пород с появлением складок нагнетания (компрессионные гребни в легенде). Особенно интересно, что центральный вал может быть выражен очень слабо, но его оконтуривает четкий «воротничек»; возможно, это означает проседание некогда приподнятого вала.

Возможно, такими же линейными интрузиями или экструзиями образованы гряды Пандросы, показанные на рис. 4, а; эти гряды могли

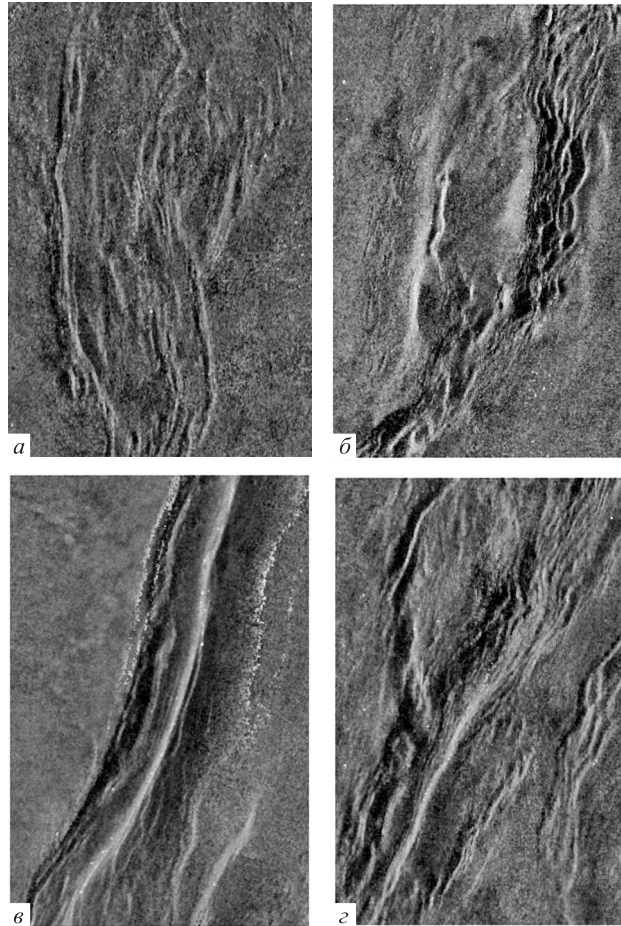


Рис. 4. Детали строения грядовых поясов: *а* — сечение одного пояса другим; *б* — цепь удлиненных вулканогенных депрессий вверху справа и вулканический купол внизу слева; *в* — вал Лукелонг с вершинной депрессией; *г* — секущий вал в грядах Лаумы; часть дуговой структуры вверху образована крупной расщелиной. Размеры кадров 230 × 320 км

образоваться как нагромождения вязкой магмы вдоль крупных магмоподводящих трещин, т. е. представлять собой поверхностное выражение даек, истинная мощность которых будет, видимо, меньше, чем ширина вала на поверхности.

4. Местами видно, что линейная структура пояса образована за счет того, что приподнятая поверхность рассечена бороздами и трещинами, а гряды представляют собой лишь останцы между ними (рис. 5, *а*). В других случаях участки поясов состоят из сближенных линзовидных

депрессий и расщелин, обычно расположенных на едва заметном валобразном поднятии (рис. 5, б). То и другое, конечно, проще объяснить растяжением, а не сжатием.

5. На окончаниях некоторых поясов составляющие их тесно сближенные гребни начинают расходиться веером по равнине, разделяясь широкими гладкими промежутками. При этом гребни явно пересекают какие-то более древние структуры (63–67° с. ш., 186–195° в. д.). Эти особенности трудно объяснить складчатостью, но можно предполагать, что гребни образованы в местах выхода на поверхность даек. (Такие структуры более развиты южнее, где расходятся и сами пояса.) Но если расходящиеся гребни маркируют вздутия поверхности или экструзивные накопления над приповерхностными дайками, то и собранные в пучок они формируют грядовый пояс, образованный в основном за счет магматического материала, поступавшего по параллельным дайкам.

6. С поясами тесно связаны крупные кольцевые и незамкнутые полудуговые структуры типа пауков и овоидов. Особенно интересны эти структуры в осевой части системы поясов, в меридиональной полосе 200–210°: две самые крупные из них как бы растянуты в широтном направлении, а в 300–500 км к западу и востоку от каждой из них видны хуже выраженные, «теневые» кольцевые структуры, симметричные им. Возможно, эти формы возникли при растяжении литосферы в стороны от центральной оси, где расположены горячие точки.

7. В целом вся система поясов построена симметрично относительно отмеченной оси 200–210°, хотя, конечно, картина далека от зеркальной. Кроме того, встречаются любопытные примеры сдвоенных по долготе структур внутри отдельных поясов (рис. 5, в, г).

Равнины между поясами

Равнины, несомненно, сложены продуктами площадного вулканизма, т. е. лавами и туфами, поскольку в большинстве случаев их материал перекрывает линейные структуры поясов (хотя ряд линейных структур, наоборот, по-видимому, пересекает равнины). В плане эти равнинные участки имеют форму полос или крупных линзовидных ячеек. Дешифровка тонкой структуры поверхности этих ячеек показывает, что она образована смыкающимися и перекрывающимися потоками лав, различающимися текстурой и фототонном. Кроме того, видны серии многочисленных разрывов, которые пересекают все потоки вплоть до самых молодых, и иногда прослеживаются через пояса, служащие границами ячеек. Чаше, однако, эти разрывы исчезают в пределах поясов: это означает либо относительную молодость поясов по сравнению с равнинами, либо то, что напряжения в пределах поясов разрешались как-то по другому, чем в ячейках между поясами. Например, растяжение может реализоваться в крупномасштабных раздвиганиях краев поясов, но в разделяющих их блоках оно может проявляться лишь дифференциальными подвижками по разрывам, перпендикулярным по-

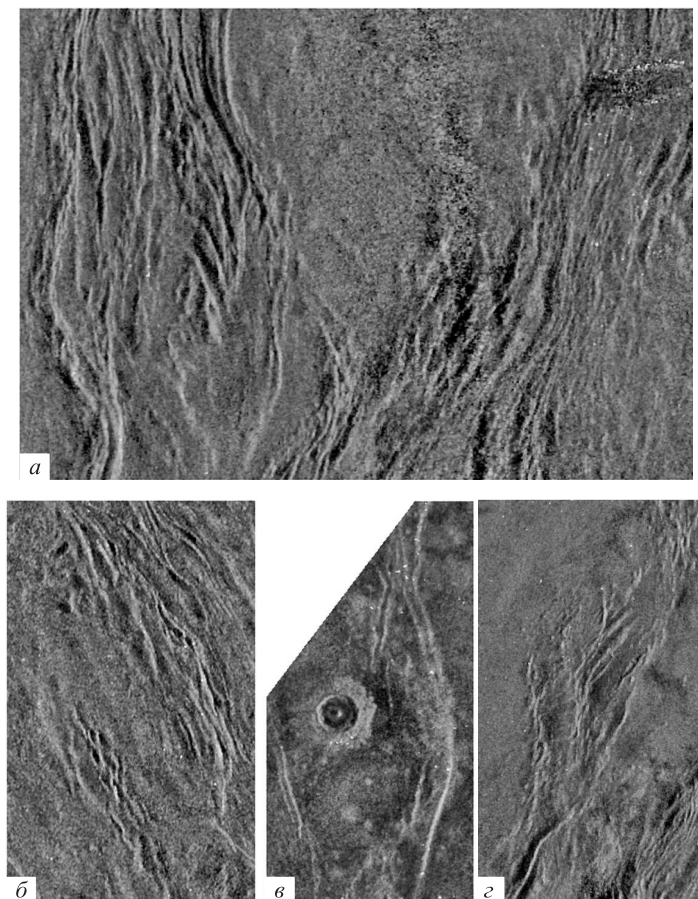


Рис. 5. Детали строения грядовых поясов: *а* — *U*-образное соединение двух поясов: перемычка образована серией крупных расщелин (темные), в поясе слева преобладают грабеновидные борозды: 400 × 240 км; *б* — в центре, внизу слева и вверху справа серии линзовидных депрессий и борозд на пологих сводах в грядах Окипеты; 200 × 300 км; *в* — сдвоенная *X*-образная структура; *з* — повторяющаяся через 50 км *Г*-образная структура: 120 × 300 км

ясам. В целом системы разрывов ориентированы субширотно, но при этом намечаются два преобладающие направления: северо-западное и юго-западное с углом около 30° между ними, что позволяет предположить сколовый (сдвиговый) характер таких сопряженных разрывов с широтным максимумом ориентировки напряжений.

О структуре долавого основания трудно сказать что-либо определенное; несомненно лишь, что часть потоков скрывает под собой продолжения поясов, которые проявляются на поверхности в виде пуч-

ков даек, кольцевыми структурами и системами темных полос, которые видимо, возникают над трещинами растяжения.

Интересно, что в одной из ячеек на 63–64° с. ш., 190–200° в. д. вулканическая активность связана с пятью последовательно перекрывающимися центрами, что напоминает цепи вулканов в земных океанах, которые формируются при движении плиты над мантийными горячими точками.

Любопытна «пятнистая» равнина на крайнем северо-западе листа В-2: она покрыта круглыми светлыми ореолами, каждый из которых окружает мелкий вулканический купол. Все остальные купола на изученной территории лишены таких ореолов; видимо, они обусловлены какими-то специфическими особенностями вулканизма в этой провинции «пятнистой» равнины.

Паркет

Мелкие разобщенные участки паркета встречаются в юго-восточной части территории. Их соотношения с поясами не вполне ясны. В целом ветви поясов обходят выступы паркета, но есть случаи постепенных переходов между ними: либо это результат «паркетизации» поясов, либо процессы формирования поясов по-разному проявляются на равнинах и в пределах паркета. На основании постоянно повышенного гипсометрического положения любых участков паркета можно думать, что он образован на относительно легком веществе и тогда предпочтительнее второй вариант, т. е. изменение морфологии пояса при его вхождении в паркет.

Еще одна узкая полоса паркета выделяется предположительно вдоль меридиана 200° (блок Ахсоннутли): сомнения в ее характере основаны на слабой выраженности перекрестных систем дислокаций; однако эта полоса явно отличается от всех известных поясов. Эта полоса возвышается над равнинами, и ее восточная граница имеет характер «рваного» уступа, секущего структуры полосы и напоминающего эрозионные формы.

Интересно, что она находится на том же широтном уровне, что и останцы паркета в юго-восточном углу листа, и ближайшие выходы паркета к западу отсюда (тессера Ананке) — это наводит на мысль, что некогда эти паркетные объединения, а теперь разобщены поясами.

Периферия земли Иштар

Гряды Окипеты служат границей юго-западной периферии земли Иштар. Здесь расположено несколько крупных вулканов высотой до 1,5–2,5 км. Их кальдеры (20–50 км) сопоставимы с марсианскими; а поперечники оснований гораздо больше, чем у земных вулканов соответствующей высоты. Их отложения, а также самостоятельные потоки перекрывают почти всю местность; лишь на некоторых участках из-под них просвечивают системы северо-западных дислокаций:

трещины раскрытия и более древние короткие низкие субпараллельные гряды. Несмотря на то что эта местность имеет небольшую высоту, она все же отличается повышенной пересеченностью от гладких равнин между поясами.

Выводы

Детальный анализ изображений показал, что преобладающие на этой территории грядовые пояса возникли преимущественно за счет растяжения и раздвигания литосферы с образованием серий субмеридиональных трещин и с последующим заполнением их магматическим материалом. В результате сформировались системы линейных субпараллельных магматических тел и сопровождающие их экстрозивные накопления, дайки и валообразные вздутия на поверхности, группирующиеся в грядовые пояса. Нельзя полностью отрицать действия сжимающих напряжений при формировании поясов, но они, по-видимому, играли небольшую роль.

В равнинных ячеях, разделяющих пояса, есть признаки как растяжений с подъемом больших масс магматического материала, так и дифференциальных сдвиговых смещений по субширотным разрывам. Однако эти ячеи в основном перекрыты обширными разновозрастными потоками, скрывающими следы более ранних дислокаций.

Система поясов разделяет «материковые» блоки земли Иштар на востоке и тессер Ананке и Мешкенет на западе. Внутри системы поясов встречаются лишь небольшие разобщенные блоки паркета. Вся система поясов в целом симметрична относительно меридиональной оси 200–210°, где располагаются «растянутые» широтно кольцевые магматические комплексы, очевидно, связанные с горячими точками.

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. *Davis P. A., Kozak R. C., Schaber G. G.* Global radar units on Venus derived from statistical analysis of Pioneer Venus Orbiter data // *J. Geophys. Res.* 1986. V. 91. № B5. P. 4979–4992.
3. *Sukhanov A. L.* Ridged bells on Venus: compression or extension? // *Lunar a. Planet. Sci. Conf. XVIII. Abstracts of papers.* 1987. P. 974–975.

Геологический институт АН СССР
Институт геохимии и аналитической химии
им. В. И. Вернадского АН СССР
Центральный научно-исследовательский
институт геодезии, аэросъемки и картографии
им. Ф. Н. Красовского
Институт радиотехники и электроники
АН СССР

Поступила в редакцию
28.X.1987

**Geological-morphological Description of
Lukelong–Okipeta Dorsa Area (Venus Surface
Ppotomap, Sheet B-2)**

A. L. Sukhanov, A. A. Pronin, N. N. Bobina, G. A. Burba, Yu. S. Tyuflin,
M. V. Ostrovskij, V. I. Kabeshkina, V. A. Kotelnikov, O. N. Rzhiga,
Yu. N. Alexandrov, A. I. Sidorenko, G. M. Petrov, N. V. Rodionova,
O. S. Zaytseva

Submeridional ridge belts on 175–245° E were produced by extension of lithosphere and intrusion of linear magmatic bodies, expressed on the surface as ridges and banks. Latitudinal (normal to the belts) fault systems can be seen on plain stripes between the belts. The belt system in the whole is symmetrical to the axis along 200–210° E where several hot spots are situated.