

ГЕОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ОБЛАСТИ ТЕЛЛУРЫ (ФОТОКАРТА ПОВЕРХНОСТИ ВЕНЕРЫ, ЛИСТ В-24)

*М. С. Марков, В. П. Шашкина, Г. А. Бурба, Ю. С. Тюфлин, М. В. Островский,
В. А. Котельников, О. Н. Ржига, Г. М. Петров, Ю. Н. Александров,
А. И. Сидоренко, В. П. Синило, Н. В. Родионова*

Астрономический вестник, 1987, т. XXI, № 4, с. 286–297

Системы площадных дислокаций нескольких направлений («паркет») в возвышенности области Теллуры занимают центральную и восточную части листа. Восточная граница области занята равниной Ниобы, а ее западная часть — равниной Леды, на которой распространены линейные поднятия северо-восточного простираения (гряды Мардеж-авы).

Фотокарта Венеры масштаба 1:5 000 000 составлена по материалам радиолокационной съемки, выполненной в 1983–1984 гг. станциями «Венера-15, -16» с помощью радиолокаторов бокового обзора (рис. 1). Лист карты В-24 охватывает область Теллуры (без ее крайней северной части), южную часть равнины Леды и западную часть равнины Ниобы (рис. 2).

Через южную часть равнины Леды в северо-восточном направлении простираются гряды Мардеж-авы, приподнятые относительно окружающей равнины на 0,5–1 км. В целом равнинные области характеризуются относительно пологим рельефом и высотами от 0 до 1,5 км. Возвышенность Теллура поднята относительно равнинных областей на 1,5–2 км. Максимальные высоты здесь достигают 3,5 км.

Район сложен геологически весьма разнообразными структурами (рис. 3). Здесь выделяются **гладкие равнины**, занимающие наиболее пониженные участки рельефа [1]. Они характеризуются однотонной радиояркостью. Иногда в пределах равнин дешифрируются радиояркие извилистые уступы, которые скорее всего маркируют края лавовых потоков. В пределах района такие структуры наиболее четко выражены в северной части у восточной рамки листа. В пределах гладких равнин часто встречаются скопления мелких вулканов диаметром 2–10 км. Изредка гладкие равнины рассечены радиояркими полосами (дайками) и, кроме того, в их пределах встречаются отдельные трещины растяжения [2].

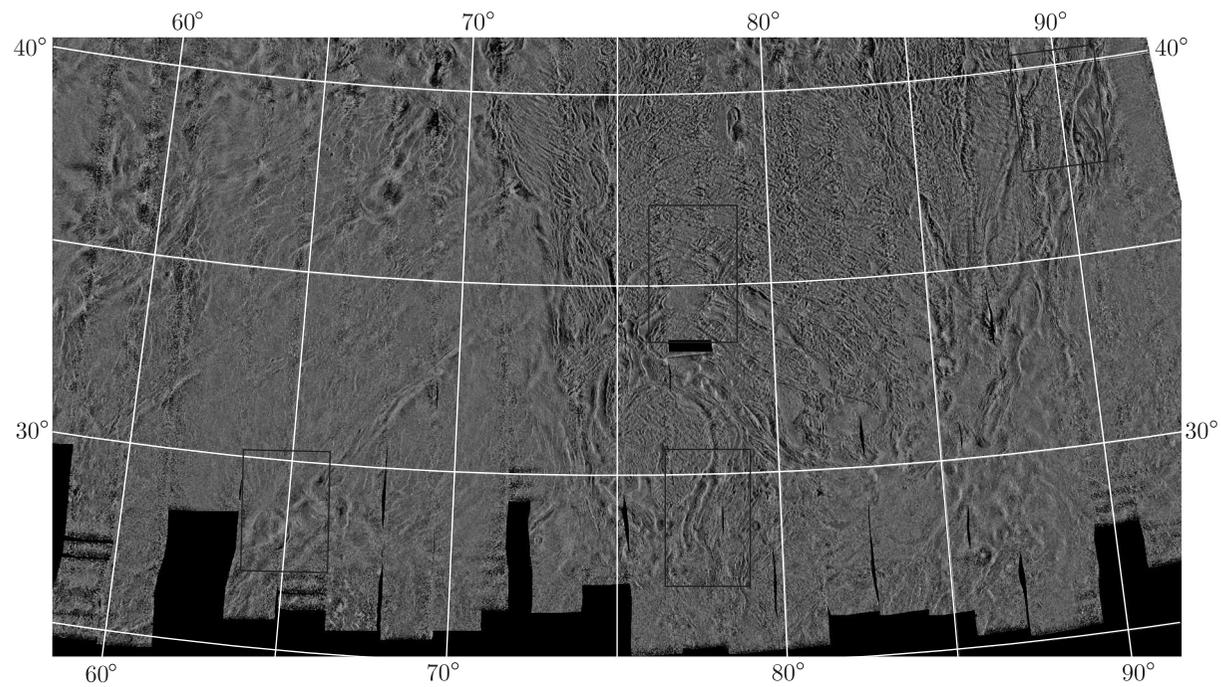


Рис. 1. Фотокарта Венеры, лист В-24. Показано положение фрагментов, приведенных на рис. 4

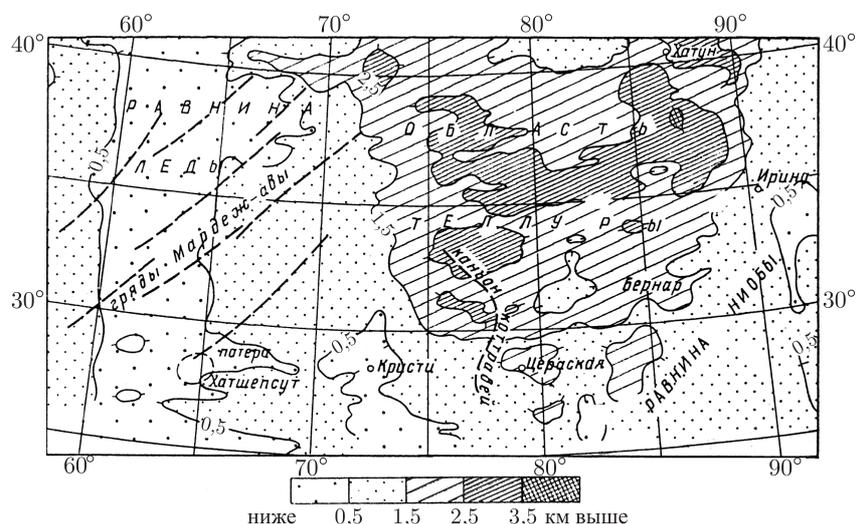


Рис. 2. Гипсометрическая схема листа В-24. Высоты указаны над сферой радиусом 6051 км

В пределах равнины Леды впадины, представляющие собой гладкие равнины, вытянуты в направлении с юго-запада на северо-восток параллельно общей ориентировке структур. На равнине Ниобы их ориентировка более хаотична. Гладкие равнины представляют собой впадины, выполненные продуктами вулканизма скорее всего базальтового состава.

Центральную часть района занимает возвышенность Теллуры. Она состоит из двух типов структур: поясов линейных деформаций и зон хаотических структур (паркет).

Возвышенность Теллуры с запада и востока окружена **поясами линейных деформаций**. Вблизи них существуют довольно широкие зоны взаимодействия поясов и паркета. В пределах поясов отчетливо дешифрируются системы линейных хребтов и долин, простирающихся, как правило, параллельно простираению всей структуры в целом. Длина хребтов достигает 100–150 км. Параллельно им развиты разломы, которые часто являются трещинами растяжения. Это отчетливо выявляется по их симметричному строению: наличию впадины в центральной части и окружающих ее с двух сторон хребтиков. В пределах поясов и непосредственной близости от них распространены грабенообразные впадины — узкие радиотемные полосы, простирающиеся параллельно общему направлению пояса. Длина таких впадин местами превышает 200 км, ширина — 30 км. Например, грабен, развитый в южной части пояса, ограничивающего с запада область Теллуры. Они являются характерной особенностью строения поясов линейных деформаций. Наиболее широкие грабены выполнены вулканическими образованиями.

На их днищах видны отдельные вулканические конусы, а в ряде случаев в их пределах отчетливо различаются отдельные радиояркие полосы (дайки). Наиболее отчетливо такие структуры видны в грабенах, развитых в поясе, распространенном вдоль восточной окраины области Теллуры. К их числу принадлежит и каньон Коттравей, расположенный в южной части западного пояса (рис. 4, а).

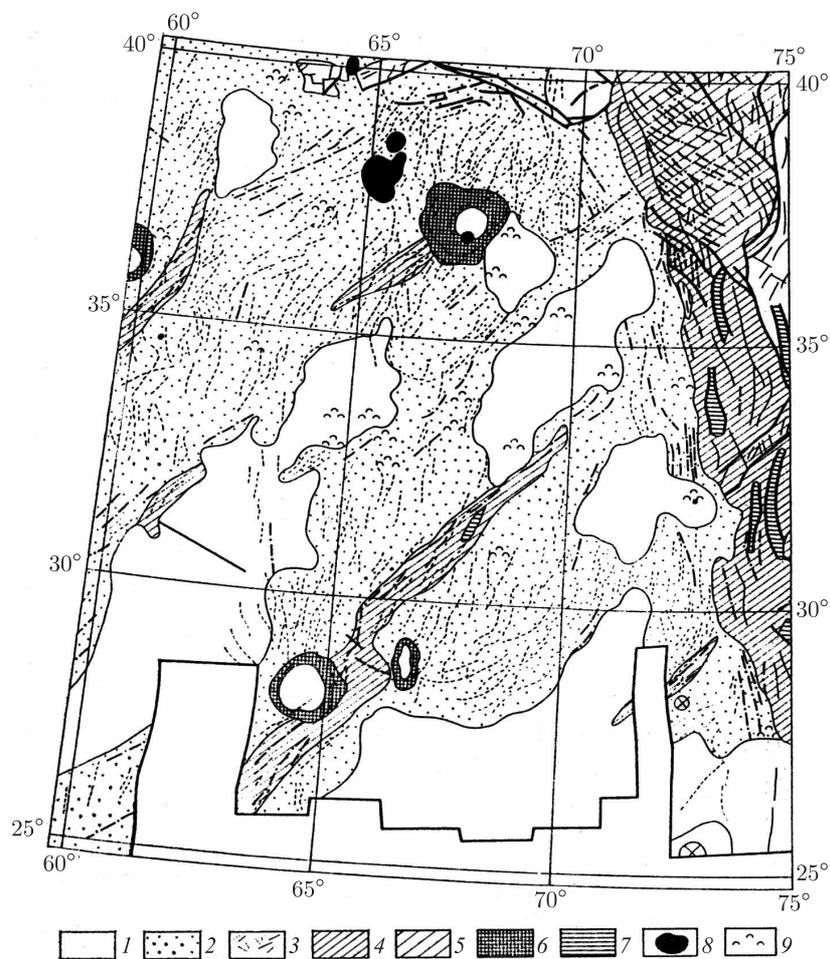
Пояса возвышаются над уровнем области Теллуры на 0,5–1 км. В некоторых поясах можно обнаружить осевую симметрию их строения вкрест простирания.

Как уже отмечалось, пояса линейных деформаций наиболее отчетливо выявляются вдоль западной и восточной окраин области Теллуры. Западный пояс начинается у северной рамки листа (около 40° с. ш.) и, постепенно расширяясь, прослеживается к югу, где ширина его достигает 550 км. Более узкий (около 180–100 км) пояс ограничивает область Теллуры с востока. В южной части этого пояса прослеживается отчетливое вислообразное поднятие.

Несколько иной тип поясов линейных деформаций прослеживается в западной части района на равнине Леды. Эти структуры представляют собой линейно вытянутые пилообразные поднятия или системы валообразных поднятий, местами осложненных грабенами, трещинами растяжения и радиояркими полосами (дайками). Эти пояса простирания с юго-запада на северо-восток. Они вытянуты параллельно грядам Мардеж-авы. С этими поясами часто связаны своеобразные кольцевые структуры — пауки (рис. 4, б). К их числу на территории листа относится патера Хатшепсут и целый ряд таких же структур, как привило, сложенных более радиояркими комплексами пород. Центральная часть такой кольцевой структуры опущена и выполнена менее радиояркими комплексами пород. В пределах днища такой кольцевой структуры часто бывают распространены вулканы центрального типа диаметром 7–10 км. Эти структуры очень напоминают земные кольцевые магматические структуры [3]. Иногда в пределах вала развиты системы кольцевых или полукольцевых радиоярких полос (даек). На валах часто бывают распространены отдельные мелкие вулканические постройки диаметром 2–4 км.

Таким образом, пояса линейных деформации выступают как самостоятельный тип структурных форм на поверхности Венеры. Как показал А. Л. Суханов [4, 5], сопряженность с поясами грабенов, трещин растяжения и даек позволяет рассматривать эти структуры как зоны растяжения в венерианской коре.

Однако можно думать, что формирование этих структур было связано не только с простым раздвигом. Скорее всего в их образовании принимали участие и сдвиговые составляющие. Об этом свидетельствует наличие оперяющих трещин растяжения и даек, располагающихся вблизи них под $40\text{--}45^\circ$ к общему простиранию поясов. Такие структуры отчетливо видны на западе и на востоке в северной части области Теллуры (рис. 4, в).



Следующим типом структур, развитым в основном в центральной части района, является **паркет**. Этим термином условно называется область развития хаотических деформации. Она состоит из мелких, часто извилистых хребтиков и разделяющих их долин. Длина этих частных структур не превышает нескольких десятков километров. Рисунок их настолько хаотичен, что местами не удается выявить хотя бы приближительной закономерности в их ориентировке. На отдельных небольших участках ориентировка хребтиков и долин может быть выдержанной, но через 50–70 км она резко меняется. Область паркета рассечена, кроме того, разрывами, часть которых определенно дешифрируется как трещины растяжения. Часть разрывов изгибается по простиранию и имеет дугообразные формы.



Рис. 3. Геолого-морфологическая карта Венеры, лист В-24: 1 — гладкие равнины; 2 — полосчатые равнины; 3 — структурные линии паркета; 4 — пояса линейных деформаций; 5 — зоны взаимодействия структур паркета и поясов; 6 — кольцевые магматические комплексы («пауки»); 7 — грабенообразные депрессии; 8 — крупные вулканические постройки; 9 — скопления мелких вулканов; 10 — кальдеры; 11 — лавовые покровы; 12 — ударные кратеры и зоны выброса; 13 — разломы; 14 — трещины растяжения; 15 — уступы; 16 — гряды; 17 — радиояркие полосы (дайки)

В области Теллуры встречаются участки равнинного рельефа, выполненные таким же материалом, как и гладкие равнины (рис. 4, з). Здесь также в изобилии встречаются мелкие вулканические купола. Происхождение таких равнинных участков среди областей паркета

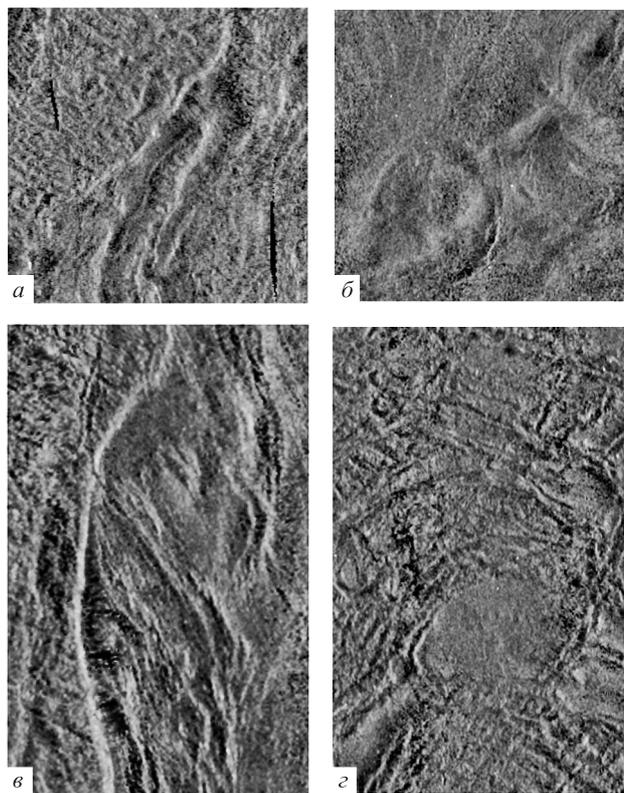


Рис. 4. Отдельные структуры на листе В-24, размер кадров 220 × 280 км: *а* — каньон Коттравей; *б* — патера Хатшепсут — кольцевая магматическая структура («паук») и идущие от него к северо-востоку валообразное поднятие и трещины растяжения; *в* — восточный край области Теллуры: структуры паркета, осложненный грабенами; к востоку от них — субмеридиональный пояс линейных деформаций с окаймляющими его трещинами северо-западного простирания; *г* — паркет в южной части области Теллуры с отдельными впадинами, выполненными вулканическим материалом

может быть разным. Во-первых, это могут быть реликты равнинной поверхности, не затронутые процессами деформации при образовании паркета. Во-вторых, они могут представлять собой грабены, аналогичные структурам, развитым в пределах и вблизи поясов линейных деформаций. И, наконец, в-третьих, это могут быть тыловые зоны перемешанных блоков паркета. На фотокарте видно, что к северу и к востоку от каньона Коттравей большой блок паркета ограничен от остальной части области Теллуры системой таких грабенов. Возможно, что краевые зоны паркета несколько смещены к югу. При этом их

движение происходило вниз по склону и, видимо, было связано с гравитационной тектоникой.

В зонах стыка поясов линейных деформаций и областей паркета происходит их взаимодействие. На востоке области Теллуры паркет разбивается на серию разломов, вытянутых параллельно поясу. К этим разломам приурочена система грабенов. Таким образом, область паркета оказывается разбита на отдельные клинья, внутри которых породы сохраняют простираия структур, свойственные соседним участкам паркета. Система грабенов, приуроченных к разломам, прослеживается не на всем их простираии. Это отдельные грабены шириной до 70 км. Днища их выполнены образованиями, внешне похожими на породы равнин. В наиболее крупных из грабенов отчетливо дешифрируются мелкие вулканы. Другой тип взаимодействия поясов с паркетом характерен для западной части области Теллуры. Здесь зона взаимодействия представлена поясом линейных деформаций, выклинивающимся близ северной рамки листа, а с востока ограничен зоной косых трещин растяжения. Это, возможно, свидетельствует о существенной роли сдвиговых деформаций в образовании этого пояса.

Кроме того, почти повсеместно вблизи поясов хаотичные структуры области паркета существенно перерабатываются. Структуры в них приобретают простираия, субпараллельные простираию поясов. Иногда в паркете возникают зоны разломов, параллельные простираию поясов.

Следующим типом структур, имеющих широкое распространение на территории листа, являются **полосчатые равнины**. Это равнинные области, приподнятые на 1–1,5 км по отношению к впадинам гладких равнин. Для них характерен очень пестрый рисунок поверхности, обусловленный обилием радиоярких полос (даек). Последние образуют отдельные пояса с отчетливо выраженными простираиями. Так, в западной половине района дайковые пояса простираются с юго-запада на северо-восток, хотя и здесь встречаются участки с меридиональными простираиями. Иногда дайки очень сложно сочетаются друг с другом, образуя полигональные системы. В восточной части района радиоярких полос меньше, и они простираются преимущественно в субмеридиональном направлении. Длина отдельных радиоярких полос достигает 70 км. Часто они ветвятся или кулисообразно подставляют друг друга. Ширина этих полос находится вблизи разрешения снимков. Характерной особенностью полосчатых равнин являются трещины — растяжения, приуроченные к дайковым поясам и простирающиеся параллельно с радиояркими полосами.

На территории листа достаточно широко развиты разнообразные **вулканы центрального типа**. Во-первых, это мелкие вулканические аппараты, группирующиеся в отдельные вулканические поля. Такие поля мелких вулканических конусов известны и в пределах гладких равнин, и в грабенах среди поясов линейных деформаций, и среди

участков равнинного материала в области Теллуры, но максимальное количество их встречается в пределах полосчатых равнин.

Кроме этих мелких вулканов в пределах листа встречаются **крупные вулканические постройки**. Так, на западе района, в северной части гряд Мардеж-авы развиты три относительно крупных вулкана (диаметром около 10 км), которые расположены на общем вулканическом пьедестале поперечником около 100 км. Сходные вулканические постройки встречаются и у северной рамки листа. В центральной части области Теллуры (40° с. ш., 78–79° в. д.) в пределах зоны паркета развит крупный вулкан, который состоит из вала и окружающей его зоны излияния. В центре этой постройки у внутреннего края вала находится сдвоенная кальдера, в которой на севере развиты более молодые вулканы центрального типа.

Наконец, в пределах района имеются **метеоритные кратеры**: Хатуп, Ирина, Бернар, Цераская, Кристи и др. Мелкие кратеры типа Ирины представляют собой наиболее просто устроенные структуры чашеобразной формы. У более крупных (диаметром 35–40 км), таких, как Бернар, Цераская, Кристи, в центре кратера появляются центральные горки.

Интерес представляет четырехугольная, нечетко выраженная и почти квадратная депрессия, расположенная среди структур паркета в северной части листа (39° с. ш., 81° в. д.), которая, возможно, представляет собой деформированный метеоритный кратер.

Разломы довольно многочисленны в пределах листа, и можно лишь выделить несколько систем. В пределах западной части листа отчетливо выделяется система разрывов, направленных с юго-запада на северо-восток, параллельная общему простиранию гряд Мардеж-авы. Отдельные частные разрывы этой системы имеют длину около 100–150 км. Они часто выглядят как трещины растяжения, имеющие узкую щель в центральной части, ограниченную с двух боков узкими грядами.

Другая система разрывов значительно большей протяженности прослеживается вдоль западного и восточного обрамления области Теллуры. Это крупные зоны разрывов, простирающиеся в субмеридиональном направлении, и оперяющие их трещины северо-западного направления. Эти разломы и создают характерные структурные парагенезисы поясов линейных деформаций. По всей видимости, здесь распространены как трещины растяжения, так и сдвиги с надвигами. Последние представляют собой извилистые в плане разрывы, местами обрезающие (перекрывающие) подходящие к ним структуры. Скорее всего общей причиной возникновения этих структур являлись процессы растяжения.

Обильные разрывы разной степени протяженности распространены в пределах области Теллуры. Большинство из них, вероятно, представляют собой трещины растяжения, для которых характерна самая различная ориентировка, которая и создает своеобразие структуры паркета.

Геологическая история района представляется весьма сложной. Здесь развиты весьма разнообразные структурные формы, возрастные соотношения которых во многом не ясны. Из анализа геолого-морфологической карты вытекает, что наиболее древними структурами в южной части области Теллуры являются полосчатые равнины, так как на них наложен ряд более молодых структур. Так, например, вытянутые с юго-запада на северо-восток структуры гряд Мардеж-авы совершенно отчетливо прерываются, подходя к западной границе области Теллуры. Однако примерно в средней части листа западный пояс оказывается частично переработанным разрывами, простирающимися с юго-запада на северо-восток.

По всей вероятности, ряд структур листа В-24 образовался на месте существования полосчатых равнин. Некоторые гладкие равнины образовались в наиболее погруженных частях областей полосчатых равнин. Это отчетливо видно на равнине Леды, где участки развития гладких равнин вытянуты согласно общему простираению структур и связанные с ними площадные базальтовые излияния выполняют наиболее погруженные в рельефе депрессии.

Часть полосчатых равнин, несомненно, формировалась в условиях растяжения. Об этом свидетельствуют пояса валлообразных поднятий и сопряженных с ними грабенов и трещин растяжения, а также более сложно построенные дайковые пояса. Все эти структуры, вероятно, формировались в условиях растяжения. Однако локализация отдельных частных зон растяжения была настолько хаотичной, что здесь нельзя выделить какие-либо узкие зоны. Скорее этот процесс напоминал тот рассеянный спрединг, который предполагается для отдельных регионов Земли (окраинные моря, зоны траппового вулканизма на платформах).

Более крупные и локализованные зоны растяжения, видимо, приурочены к отчетливо выраженным в рельефе поясам линейных деформаций. При этом в области Теллуры и части Земли Иштар улавливается пространственная связь поясов с областями развития паркета. Если рассматривать такие пояса как крупные зоны растяжения, то их существование, как и на Земле, скорее всего связано с конвективными движениями в астеносфере. Однако на Венере литосфера, залегающая на конвектирующей астеносфере, устроена реологически иначе, чем на Земле, благодаря высоким температурам поверхности. Как показали расчеты Я. Б. Смирнова, на Венере верхняя граница зоны крипа в литосфере может располагаться на глубине 10–30 км и поэтому литосфера не будет передвигаться как единая жесткая плита над верхними частями конвективных ячеек. По всей видимости, эти движения будут раскладываться на движения отдельных маломощных пластин внутри литосферы. В этом, очевидно, и есть сходство структурных обстановок современной Венеры и ранней Земли, когда ее литосфера была значительно более прогрета, чем сейчас, благодаря более высокому тепловому потоку.

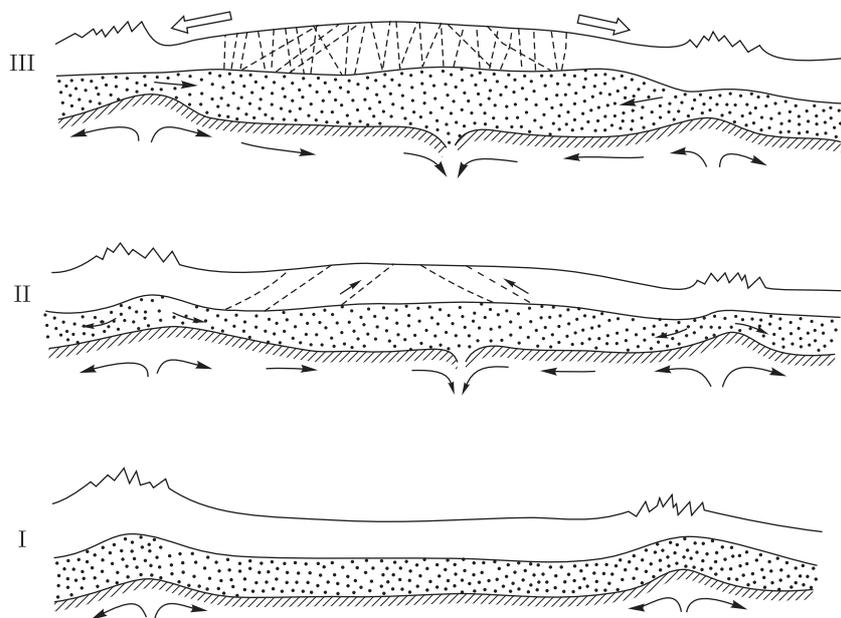


Рис. 5. Схема образования и развития структур типа паркета: 1 — астеносфера; 2 — зона пониженной вязкости и пластических деформаций; 3 — пояс линейных деформаций; 4 — гравитационное оползание

Области паркета, видимо, выступают как зоны сгуживания корового материала, представленного в основном породами равнин. За счет этого и происходит поднятие областей паркета, которые приподняты относительно равнин на 1,5–2,0 км. Таким образом, области паркета представляли собой первоначально куполовидные поднятия, которые по мере роста разбивались системами трещин-разломов. В дальнейшем благодаря малой вязкости нижних частей венерианской коры отдельные блоки паркета начинают оползать вниз по рельефу, создавая тем самым очень сложные парагенезы структур паркет, как внутри паркета, так и особенно в зонах его взаимодействия с поясами. Схематически этот процесс изображен на рис. 5. Конечно, это очень грубая схема, которая в реальных ситуациях на Венере осложняется региональными особенностями строения отдельных районов.

Литература

1. Барсуков В. Л., Суханов А. Л., Аким Э. Л. и др. Геолого-морфологическая характеристика северного полушария Венеры // Геотектоника. 1980. № 4. С. 4–25.
2. Марков М. С., Суханов А. Л. Дайковые зоны на Венере // Докл. АН СССР. 1987. Т. 292. № 1. С. 172–175.

3. Тихомиров В. Г. Структурная геология вулканических массивов. М.: Изд-во МГУ, 1985. 184 с.
4. Суханов А. Л., Бобина Н. Н., Бурба Г. А. и др. Геолого-морфологическое описание тессеры Лаймы, области Теллуры и равнины Леды (фотокарта поверхности Венеры, лист В-13) // Астрон. вестн. 1987. Т. 21. № 3. С. 195–206.
5. Sukhanov A. L. Ridged belts on Venus compression on extension // Lunar Planet. Sci. Conf. XVIII, abstr. 1987. P. 974–975.

Геологический институт АН СССР

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

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

Институт радиотехники и электроники АН СССР

Поступила в редакцию
23.VII.1987

Geological-Morphological Description of Tellus Regio (Photomap of the Venusian Surface, Sheet B-24)

M. S. Markov, V. P. Shashkina, G. A. Burba, Yu. S. Tyufin,
M. V. Ostrovskij, V. A. Kotelnikov, O. N. Rzhiga, G. M. Petrov,
Yu. N. Alexanorov, A. I. Sidorenko, V. P. Sinilo, N. V. Rodionova

The systems of areal dislocations of several directions («parquet») at the highland of Tellus Regio are located in the central and eastern parts of the area. The eastern border of the area is occupied with Niobe Planitia, and western part of the area contains Leda Planitia, which have a number of linear topographic prominencies, elongated in NE direction (Mardezhava Dorsa).