

# ГЕОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЗЕМЛИ ИШТАР (ФОТОКАРТА ПОВЕРХНОСТИ ВЕНЕРЫ, ЛИСТ В-5)

*А. Л. Суханов, А. А. Пронин, Ю. С. Тюфлин, М. В. Островский,  
В. А. Котельников, О. Н. Ржига, Г. И. Петров, А. И. Сидоренко,  
Ю. Н. Александров, А. И. Захаров, А. А. Крымов, Н. Н. Бобина*

Астрономический вестник, 1986, т. XX, № 2, с. 99-110

Основная часть Земли Иштар восточнее гор Максвелла покрыта системами площадных дислокаций нескольких направлений, называемых «паркетом». По структурным рисункам здесь выделяются: 1) центральный стабильным блоком; 2) меньшие периферические блоки, отделенные от центрального разрывами и грабенами; 3) зоны мобилизованного паркета, вещество которых растекалось вниз под уклон в стороны от центрального блока в виде пластичных потоков; 4) частично «паркетизированные» лавовые толщи. Горы Максвелла образовались в результате столкновения центрального блока и плато Лакшми.

## Введение

Лист фотокарты В-5, построенный по материалам радиолокационной съемки с АМС «Венера-15» и «Венера-16», как и фотокарта листа В-4 [2], расположен в широтном поясе от  $\varphi = 60^\circ$  до  $\varphi = 80^\circ$  и построен в нормальной равноугольной конической проекции Ламберта–Гаусса. Углы рамок трапеции листа В-5 имеют венерографические координаты:  $\varphi_1 = 80^\circ$ ,  $\lambda_1 = 0$ ,  $\varphi_2 = 80$ ,  $\lambda_2 = 60$ ,  $\varphi_3 = 60$ ,  $\lambda_3 = 0$ ,  $\varphi_4 = 60$ ,  $\lambda_4 = 60^\circ$ .

## Морфологическое описание региона

Эта фотокарта включает северо-восточную часть Земли Иштар, которая занимает всю центральную часть описываемой территории (рис. 1–3). На западе региона высоты достигают 11 км (в полосе гор Максвелла западнее двойного кратера Клеопатра); восточнее местность понижается — до 3–4 км на южной и юго-восточной границе Земли Иштар и до 0–1 км по ее северной границе.

Поверхность этого поднятия на огромных пространствах покрыта монотонно чередующимися пологими грядами и бороздами с характер-

ной шириной около 10 км (5–15 км) и длиной от первых десятков до 100–200 км. Эти субпараллельные структуры образуют как бы прямые или изогнутые пакеты, и в одном участке можно обычно проследить наложение двух или более взаимопересекающихся структур. В мелком масштабе этот тип местности напоминает рисунок уложенных «елочкой» или ромбами планок, почему, увиденный впервые, и был назван «паркетом», хотя при дальнейшей съемке были обнаружены существенно иные рисунки. Общим для всех таких местностей является площадное развитие однотипных дислокаций, не объединенных в изолированные пояса, кольца и др., но равномерно покрывающих сотни тысяч квадратных километров [1].

Для отдельных крупных областей развития паркета было предложено морфологическое название «тессера», и восточная часть Земли Иштар названа тессерой Фортуны. Геологически эта область относится к одним из самых сложных на заснятой территории.

В целом схема строения паркета этого региона представляется следующим образом (рис. 4): центральный однородный массив (А) площадью около 800 000 км<sup>2</sup>, окруженный мозаикой периферических блоков. Эти блоки либо являются небольшими плитами, отделенными от центрального массива зонами растяжения (З, К), либо они образованы огромными языками материала, как бы растекающимися от него (Б, Д, Ж). Ниже дано описание основных блоков.

### Центральный массив

Образующий нейтральный массив блок А занимает плато, очень полого понижающееся с удалением от гор Максвелла от 5,5 км на западе до 3–3,5 км на востоке. Перекрестные системы северо-западных и северо-восточных гряд и борозд разбивают местность на ромбовидные участки, вытянутые обычно широтно; местами преобладают структуры одного направления или появляются их округленные дуговидные сочленения (рис. 2а). Крупные разрывы тех же ориентировок образуют сеть с большим размером ячеек. Все эти структуры должны были образоваться в поле преобладающего широтного сжатия.

Западной границей блока служит субмеридиональный пояс линейных дислокаций, за которым после слабо выраженного прогиба начинается поднятие Максвелла. В восточной части блока крупные сбросы образуют гигантскую систему ветвящихся грабенов шириной до 100 км и глубиной до 1–1,5 км, частично заполненных лавами; эта система представляется несомненной зоной растяжения, где от основного массива отрезаются меньшие блоки. Но ширину грабенов нельзя считать величиной истинного раздвигания: реликты паркета внутри грабенов указывают на проседание их дна, вероятно, при относительно небольшом расхождении их бортов.

Местами на фоне однородных перекрещивающихся дислокаций видны структуры других типов: 1) реликты кольцевых или субконцен-

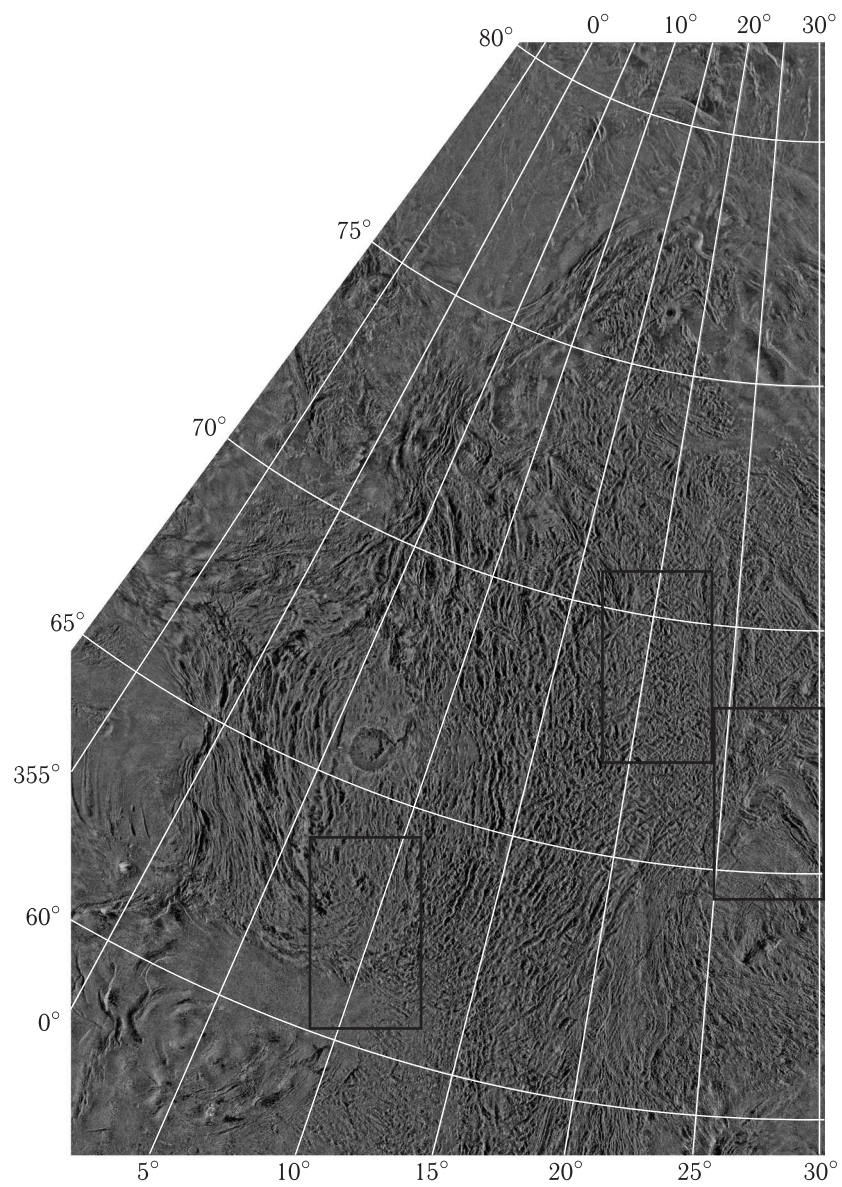
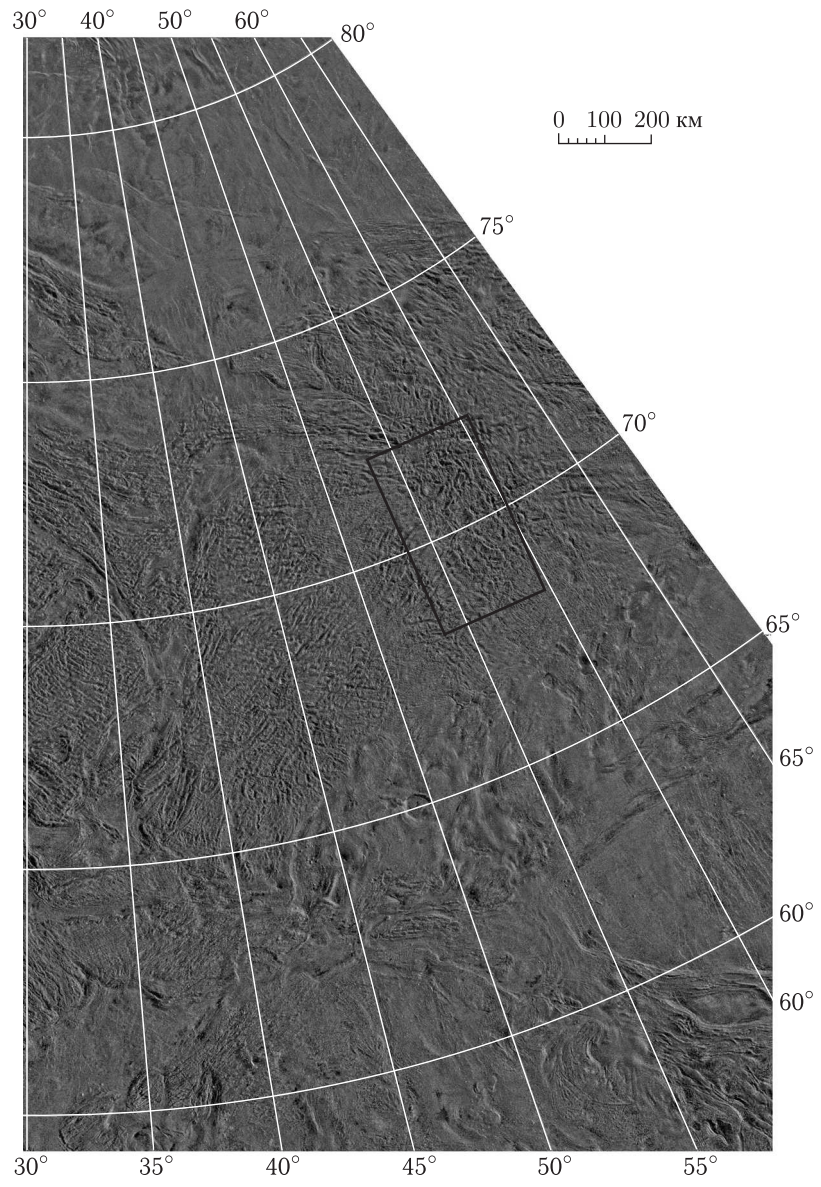


Рис. 1. Фотокарта Венеры, лист 5. Показано положение фрагментов, приведенных на рис. 2





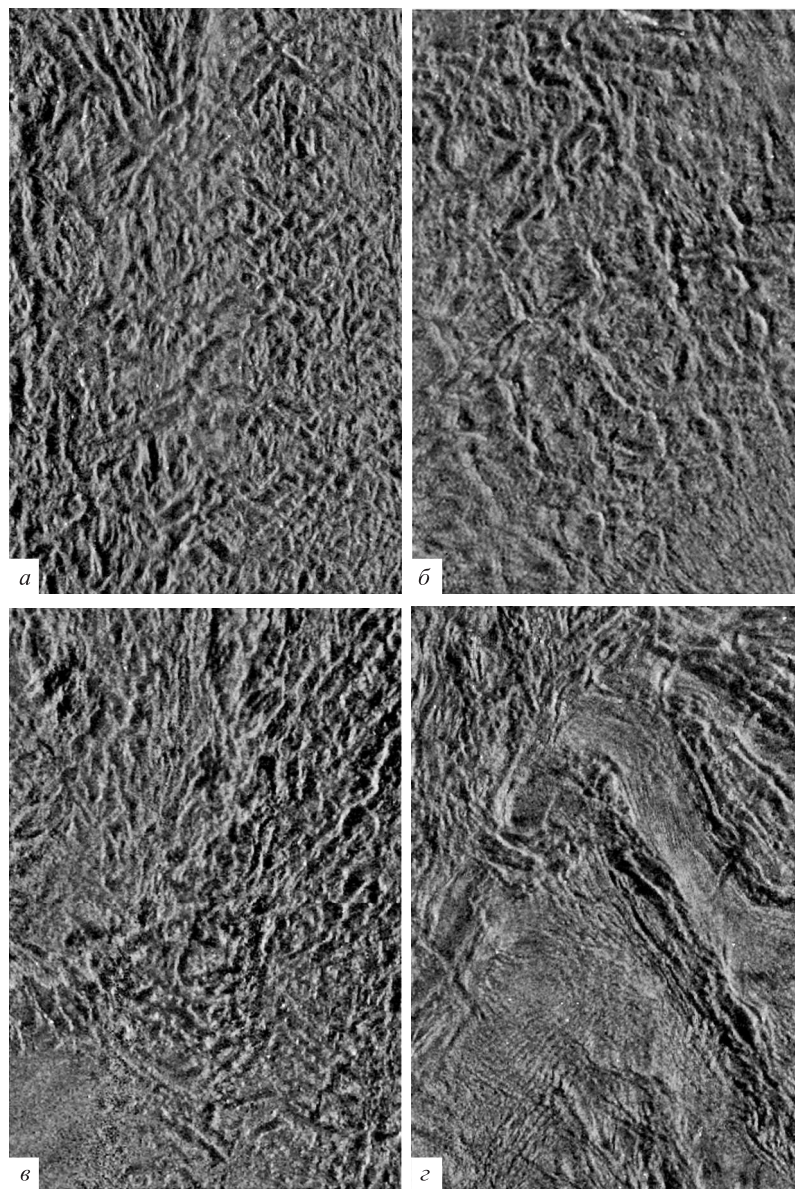


Рис. 2. Некоторые характерные участки поверхности Земли Иштар. Масштаб 1:5 000 000

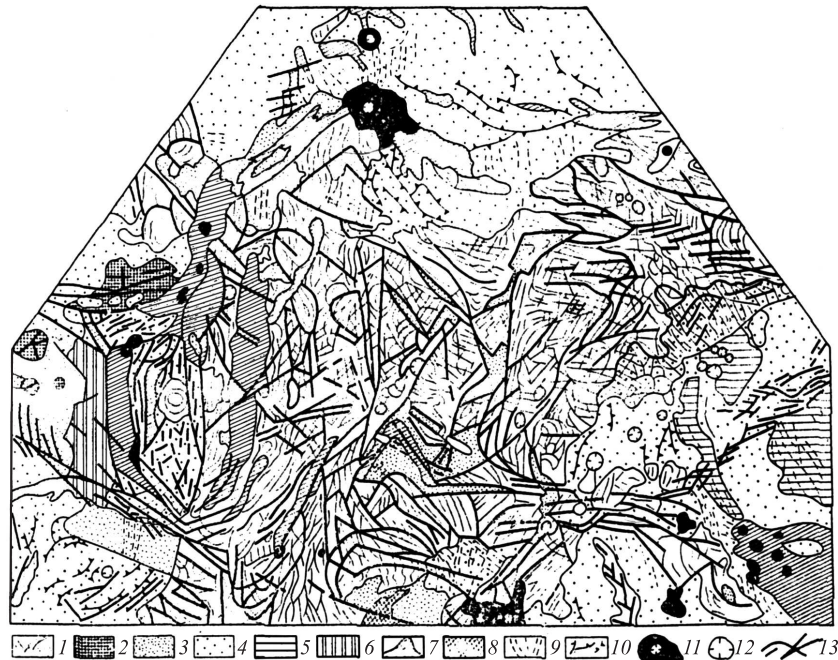


Рис. 3. Геолого-морфологическая карта поверхности Венеры, лист В-5. Условные обозначения: 1 — структурные линии паркета; 2 — древнейший «хрупкий» рельеф; 3 — гладкие равнины; 4 — холмистые равнины; 5 — полосчатые равнины; 6 — складчатое обрамление Лакшми; 7 — пояса линейных дислокаций; 8 — овоид; 9 — дайки; 10 — валы на равнинах; 11 — вулканы; 12 — депрессии и кальдеры; 13 — крупные разрывы и основные структурные линии

трических структур неясного генезиса: они сохраняют очертания, хотя пересечены разрывами, т.е. смещения по разрывам были невелики; 2) система вложенных одна в другую вытянутых петель на  $71^\circ$  с. ш. и  $17^\circ$  в. д.: кажется, что они обрисовывают поток какого-то вещества, двигавшегося на юго-восток; на самом деле эти гряды и борозды расположены вдоль склонов местного желоба  $200 \times 100$  км в поперечнике и 1,5 км глубиной и, похоже, образовались при перемещении материала со склонов желоба к его оси (рис. 2а); 3) длинные полосы несколько приподнятого вещества со сглаженной поверхностью (одна из них протягивается на юг от этого же желоба). Местами материал полос перекрывает материал паркета, и они образованы, вероятно, эффузивно-экструзивной деятельностью вдоль крупных зон линейной проницаемости.

Весь блок, видимо, первоначально сформировался в едином поле напряжений с преобладающим сжатием по широте, но с небольшой амплитудой дислокаций, а затем был рассечен крупными разрывами,

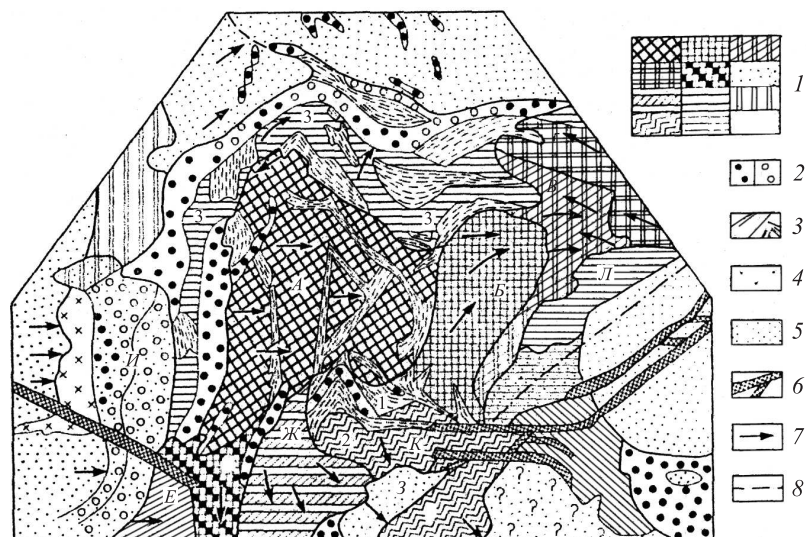


Рис. 4. Структурное районирование тессеры Фортуны. Условные обозначения: 1 — отдельные блоки паркета; 2 — пояса линейных дислокаций (пустыми кружками показаны частично перекрытые пояса); 3 — зона растяжения; 4 — обрамление Лакшми; 5 — лавовые равнины; 6 — разломы; 7 — направления перемещений; 8 — ось цепи вулканических центров

по которым образовались грабены и зоны проницаемости, но лишь с небольшими горизонтальными подвижками.

### Зоны пластического оттока материала

**Зона Б** образована серией гигантских V- и U-образных структурных дуг, как бы вложенных одна в другую, обращенных вершинами на восток (к сожалению, на приводимом изображении вершины этих дуг размыты из-за плохого совмещения полос съемки при разной высоте орбит, но они хорошо прочитываются при просмотре серии полос под стереоскопом). В целом картина напоминает как бы корку гигантского потока пластического вещества, отходящего к востоку от блока А, с растяжением в тыловой части. Осевая часть этого «потока» имеет более сглаженный и однородный рельеф по сравнению с его краями, как если бы вещество здесь было более пластичным, и, судя по рисунку структур, она продвинута дальше на восток по сравнению с краями. Эта осевая часть в общем на несколько сотен метров выше, чем края, но в целом эта зона лежит ниже на 2–2,5 км, чем блок А, и на 0,5–2 км ниже юго-восточной окраины Земли Иштар. Создается впечатление, что блоки А и Б вместе с описанными далее зонами К и Л образовывали некогда единый огромный массив с общей поверхностью,

который затем был расчленен за счет проседания и «оттока» материала зоны Б на восток и северо-восток.

На восточном окончании «потока» острые дуги становятся все более широкими и открытыми и постепенно сменяются извилистыми субмеридиональными структурами блока В (рис. 2б), который представляет собой зону скупивания материала, перемычку, зажатую между блоками Б и Г (в блоке Г, относящемся к следующему листу б, движение направлено навстречу — на запад и северо-запад).

На фоне прихотливо изогнутых структур блока В прослеживаются прямые сколы, ориентированные на ЗСЗ, однако неясно, образованы ли они за счет встречного движения материала соседних зон или здесь «просвечивают» какие-то древние структуры.

Примыкающая к горам Максвелла наиболее приподнятая часть центрального блока А при движении на юг быстро понижается и переходит в блок Д. Здесь на фоне коротких диагональных структур появляются также округлые дуги, обращенные вершинами на юг, вниз по склону, как если бы поток пластичного вещества стекал здесь под действием собственной тяжести. Это впечатление подтверждается тем, что вещество «стекающего» блока перекрывает лежащие ниже структуры блока Е (в блоке Е преобладающие северо-западные структуры созданы, очевидно, широтными напряжениями, и здесь также видны U-образные в плане формы, но обращенные вершинами на восток).

Соседний блок Ж представляет собой веерообразный язык материала, как бы растекающегося вниз под уклон к югу от блока А. Узкие, слегка изогнутые и ветвящиеся гряды, образующие «пластинки» этого веера, похожи на мелкие складки или чешуи, надвинутые в восточном направлении, а крайние гряды веера четко перекрывают более древние структуры. В нижней части веера видна серия субширотных изогнутых трещин, нарезающих материал поперек склона на пластины, ступенчато понижающиеся и как бы соскальзывающие к местной депрессии.

Остается неясным, почему однонаправленное течение вещества соседних блоков Д и Ж создало в них такие различающиеся структуры. Возможно, вещество блока Ж (веера) было больше размягчено и (или) какая-то часть этого блока образована лавами.

В целом в описанных зонах есть признаки одновременно действовавших сопряженных сжатий и растяжений в результате горизонтальных перемещений поверхностного материала в виде пластических «потоков» с движением вниз под уклон, даже если видимый сейчас уклон очень мал.

### **Периферические зоны растяжения**

На севере и северо-западе массив паркета окаймлен протяженной изогнутой зоной З. Она состоит из полос паркета, структуры которых ориентированы преимущественно вдоль границ центрального массива,



из параллельных им прогибов, заполненных лавами (очевидно, это области растяжения), и из поясов линейных дислокаций.

Пояса линейных дислокаций шириной порядка 100 км состоят из субпараллельных гряд и борозд, выраженных более резко, чем гряды и борозды паркета: они не образуют перекрестных структур, как на паркете, но протягиваются далеко по простиранию поясов, сжимаясь и раздуваясь. В северо-западной части карты такой пояс явно срезаёт структуры паркета, но на севере, между 30 и 40° в. д., часть того же пояса «съедена» дуговидными структурами паркета, т. е. пояс и (или) паркет формировались в несколько этапов. В этом же поясе есть суженные флексуровидные участки, созданные сжатием, но по простиранию они сменяются раздувами, в центре которых видны депрессии с небольшими вулканами или экструзиями, — эти участки надо интерпретировать как зоны растяжения. Наконец, есть и признаки горизонтальных перемещений вдоль границ поясов, так что в примыкающем паркете образуются формы волочения. Кроме механических дислокаций в этих поясах есть гребни, образованные мощными магматическими дайками.

Основная масса поясов находится гораздо восточнее, от 150 до 260° в. д., и они будут описаны позднее, в других статьях. Здесь же можно лишь сказать, что, по всей вероятности, эти пояса представляют собой шовные зоны между литосферными блоками и неоднократные дифференциальные подвижки этих блоков создавали в одни периоды напряжения сжатия, в другие — растяжения или же — при появлении сдвиговой составляющей — сжатие в одних участках с одновременным растяжением в других.

На западе эта периферическая зона паркета воздымается и переходит в горный массив Максвелла (зона И). Его характеристика и характеристика участков к западу и северо-западу от массива даны в описании листа 4 [2]. Здесь достаточно отметить следующее.

На широте примерно 68° пояс линейных дислокации, окаймляющий паркет, одновременно с резким воздыманием скрывается под более молодым массивным покровом, очевидно эффузивным. Местами структуры пояса перекрыты полностью или же их очертания «просвечивают» сквозь покров, выражаясь в удлинённых депрессиях; в вершинной части гор Максвелла этот пояс «выныривает» из-под покрова явно за счёт растяжения: остатки покрова ясно видны между структурами пояса, а так как крупномасштабная эрозия на Венере отсутствует [1], то материал не мог быть удалён отсюда водой или ветром.

Сам покров, видимо, является красной частью плато Лакшми, т. е. лавовой толщей, некогда соединявшейся с основным плато. Впоследствии эта часть плато была по северо-западным разрывам отколота и приподнята на несколько километров, что сопровождалось раздроблением некогда ровной поверхности. В юго-восточной части гор Максвелла этот дроблённый покров по степени дислоцированности приближается к паркету, однако он отличается от него по структу-

ре и фототону (рис. 2в). В его северо-западной части треугольный останец покрова отделен от него довольно глубокими долинами растяжения.

Зона очень узких линейных структур западного подножья Максвелла заметно отличается от структур пояса на его вершине: эта зона состоит из явных складок нагнетания, сминающих самые молодые лавовые толщи поверхности плато Лакшми.

Южная часть гор Максвелла обрезана и опущена по широтному левостороннему сбросо-сдвигу. Опущенное крыло перекрыто лавами, и только по короблению и растрескиванию их поверхности угадывается продолжение поясов линейных дислокации, описанных выше. А непосредственно к югу от сдвига широтный прогиб дополнительно залит молодыми лавами, скрывшими и структуры коробления лав промежуточного этапа.

Смещения по сдвигу непосредственно не фиксируются, и его сдвиговый характер определен по рисунку оперяющих трещин и соотношению структуры Максвелла с соседними областями, а сам сдвиг исчезает в молодых зонах паркета восточнее. По-видимому, здесь этот сдвиг постепенно затухает, и его сдвиговая компонента переходит в вертикальные составляющие, так что происходит одновременное выгибание северного крыла вверх с образованием гор Максвелла, а южного крыла вниз с последующим заполнением прогиба лавами.

Вторая, еще более интересная периферическая зона К примыкает к блокам А и Б с юга. Она лежит на пересечении меридионального грабена, подходящего сюда с севера, и широтной полосы разломов протяженностью более 1500 км, прослеживающейся к востоку. В этой зоне с севера на юг прослеживаются следующие структуры: 1) изогнутая депрессия шириной 150 км, заполненная лавами, с близкими контурами северного и южного бортов; по оси депрессии, повторяя контуры ее бортов, протягивается валообразное вздутие с продольными бороздами и расщелинами (рис. 2г); 2) два субширотных блока высотой до 2,5 км над соседними лавами: их структура похожа на структуру паркета, но отличается более упорядоченной частой бороздчатостью; блоки разделены узкой расщелиной; 3) угловатая депрессия, вытянутая на северо-восток, заполненная лавами, с сетью пересекающихся даек; А) удлиненный к северо-востоку приподнятый блок, смыкающийся с блоком 2. По-видимому, вся эта зона представляет собой область растяжения, в которой отдельные блоки отошли от основного массива паркета с одновременным разворотом к юго-востоку, — как бы лезвия раскрытых ножниц с шарниром на  $43^\circ$  с. ш.,  $63^\circ$  в. д. При этом лавовая депрессия 3 похожа на самостоятельную двигавшуюся микроплиту, а центральный вал в депрессии 1 представляет собой миниатюрный аналог срединно-океанического хребта (сходство этого вала со многими участками в поясах линейных дислокаций еще раз говорит о значительной роли растяжения при образовании этих поясов).

Возвышающиеся блоки 2 и 4, вероятно, образованы паркетом с модифицированной поверхностью. Для сохранения их высоты они должны быть либо легче окружающих базальтов, либо состоять из тех же базальтов, но гораздо большей мощности. Если основной массив паркета построен так же, то, значит, он имеет корни, частично поддерживающие его повышенное положение.

Не исключено, впрочем, что эти блоки образованы за счет выдавливания горячего глубинного материала.

Последний участок паркета — зона Л на его юго-восточной окраине — имеет относительно сглаженную поверхность, гофрированную тонкими меридиональными бороздами и гребнями. На севере материал этой зоны явно перекрывает более грубые структуры паркета, которые едва прослеживаются внутри этой зоны по слабым перегибам ее поверхности. На юге же эта зона постепенно переходит в почти недислоцированную лавовую холмистую равнину. Гипсометрически зона Л представляет собой широкий вал с абсолютными высотами до 3–4 км, а вдоль ее южного края проходит цепь округлых впадин, по всей вероятности, вулканических кальдер. Похоже, что здесь южная окраина паркета перекрыта массивными вулканическими покровами еще до завершения движений на паркете, и эти покровы были вовлечены в последние фазы «паркетизации», что и привело к их гофрировке. Возможно, эти покровы одновременны покровам Максвелла.

### Другие образования

С севера паркет перекрыт холмистыми лавами равнины Снегурочки, которая, возможно, состоит из нескольких блоков: так, с запада сюда вероятно заходит окончание субширотной плиты, протягивающейся от 320° в. д. Но в основном детали строения фундамента скрыты под лавами. Следует лишь отметить смещение отрезков двойного вала в северо-западном углу планшета по нескольким сдвигам, напоминающим трансформные разломы, с общей амплитудой по крайней мере 90 км.

Здесь же, на 78° с. ш., 20° в. д., на перегибе пояса линейных дислокаций местность перекрыта пологим щитовым вулканом с кальдерой поперечником 50 км, с отходящими от него протяженными лавовыми потоками и сетью радиальных структур (даек?). Вероятно, эта структура является относительно свежей разновидностью «пауков» — вулканотектонических форм, которые будут охарактеризованы при описании южных планшетов.

Равнина в юго-восточной части планшета — это западная половина овальной впадины, которая, по-видимому, относится к жестким плитам, судя по тому, как ее обтекают структуры паркета и пояса линейных дислокаций. На дне этой впадины из-под материала холмистых равнин проступают полосчатые равнины: области, пересеченные узкими низкими гребнями и полосами, смыкающимися и пересекающимися.

При собственном рельефе их можно считать дайками, или узкими горстами, или уступами вдоль разрывов. Сочетание таких мелких форм рельефа, образующих ступенчатую, или «рубчатую», поверхность, положение этих равнин под материалом холмистых и тем более гладких равнин, а также перекрытие полосчатого материала материалом паркета на листе 6 позволяют отнести их к древним образованиям.

### Геологическая история района

Окончательное выяснение последовательности геологических событий в значительной мере зависит от результатов картирования других территорий, поэтому здесь дается лишь общая схема.

1. Формирование структур основного массива паркета в виде огромного плато или пологого купола от  $0^\circ$  на западе до  $90^\circ$  в. д. покрытого северо-западными и северо-восточными дислокациями и обрамленного линейным поясом дислокации на западе и на севере. Излияние древних лав.

2. Излияния лав среднего этапа и частичное перекрытие ими массива паркета и линейных поясов с образованием холмистых равнин.

3. Движение блоков плато Лакшми на восток и их столкновение с массивом паркета. Севернее  $68^\circ$  и южнее  $62^\circ$  с. ш. эти блоки продвинулись относительно дальше на восток, сминая паркет и прогибаясь. В промежутке между ними часть паркета с перекрывающими его покровами была вздыблена и раздроблена, образовав массив Максвелла. Одновременно происходил региональный перекося нейтрального массива паркета с образованием уклонов в сторону от Максвелла — на восток, север и юг.

4. Прогрев, размягчение и расползание краевых зон паркета в стороны от центрального блока А в виде отдельных блоков (зоны З и К) и путем пластического течения крупных масс (зоны Б, Д и Ж) с образованием грабенов в первом случае и дуговых структур во втором. Вовлечение части лав среднего этапа в «паркетизацию».

5. Лавовые излияния гладких равнин.

6. Формирование складчатой зоны западного подножья Максвелла путем смятия молодого лавового материала плато Лакшми.

### Литература

1. Барсуков В. Л., Базилевский А. Т., Кузьмин Р. О. и др. Основные типы структур северного полушария Венеры. — Астрон. вестн., 1985, т. 19, № 1, с. 3–14.
2. Пронин А. А., Суханов А. Л., Тюфлин Ю. С. и др. Геолого-морфологическое описание плато Локшми (фотокарта поверхности Венеры, лист В 4). — Астрон. вестн., 1986, т. 20, № 2, с. 83–98.



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

Поступила в редакцию  
5.II.1986

Геологический институт АН СССР

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

Институт радиотехники и электроники АН СССР

### **Geological-morphological Description of the Ishtar Terra (Photomap of the Venusian Surface Sheet B-5)**

A. I. Sukhanov, A. A. Pronin, Yu. S. Tyuflin, M. V. Ostrovskij,  
V. A. Kotelnikov, O. N. Rzhiga, G. I. Petrov, A. I. Sidorenko,  
Yu. N. Alexandrov, A. I. Zakharov, A. A. Krymov, N. N. Bobina

The main part of Ishtar Terra surface to the east of Maxwell Montes is covered with areal dislocations of several directions, called «parquet». They can be divided by their structural patterns as follows: 1) central stable block; 2) lesser outlying block separated by faults and grabens from the central one; 3) mobilized zones where material moved downslope away from the central block as viscous flows; 4) partly «parqueted» lava sheets. The Maxwell Montes have been made as a result of collision between central parquet block and Lakshmi Planum.