

ГЕОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАВНИН СЕДНЫ И ГИНЕВРЫ (ЛИСТЫ ФОТОКАРТЫ В-11, В-20, В-21)

*А. А. Пронин, Г. А. Бурба, И. Н. Бобина, Ю. С. Тюфлин, А. И. Сидоренко,
С. А. Кадничанский, М. В. Островский, В. А. Котельников, О. Н. Ржига,
Г. М. Петров, Ю. Н. Александров, В., А. Шубин, Н. В. Родионова*

Астрономический вестник, 1986, т. XX, № 3, с. 163–176

Приведены описание и карты района равнины Седны и Гиневры — представителей крупнейших геологических провинций Венеры, сложенных вулканическими породами. Выделены разновозрастные комплексы, показаны их соотношения и даны интерпретации предполагаемых механизмов образования.

В пределы описываемой территории попадают три листа фотокарты Венеры, границы которых имеют следующие координаты: лист В-11 — $\lambda = 315-0^\circ$ в. д., $\varphi = 60-40^\circ$ с. ш.; лист В-20 — $\lambda = 300-330^\circ$ в. д., φ от 40° с. ш. до границы съемки на юге; лист В-21 — $\lambda = 330-0^\circ$ в. д., φ от 40° с. ш. до границы съемки на юге.

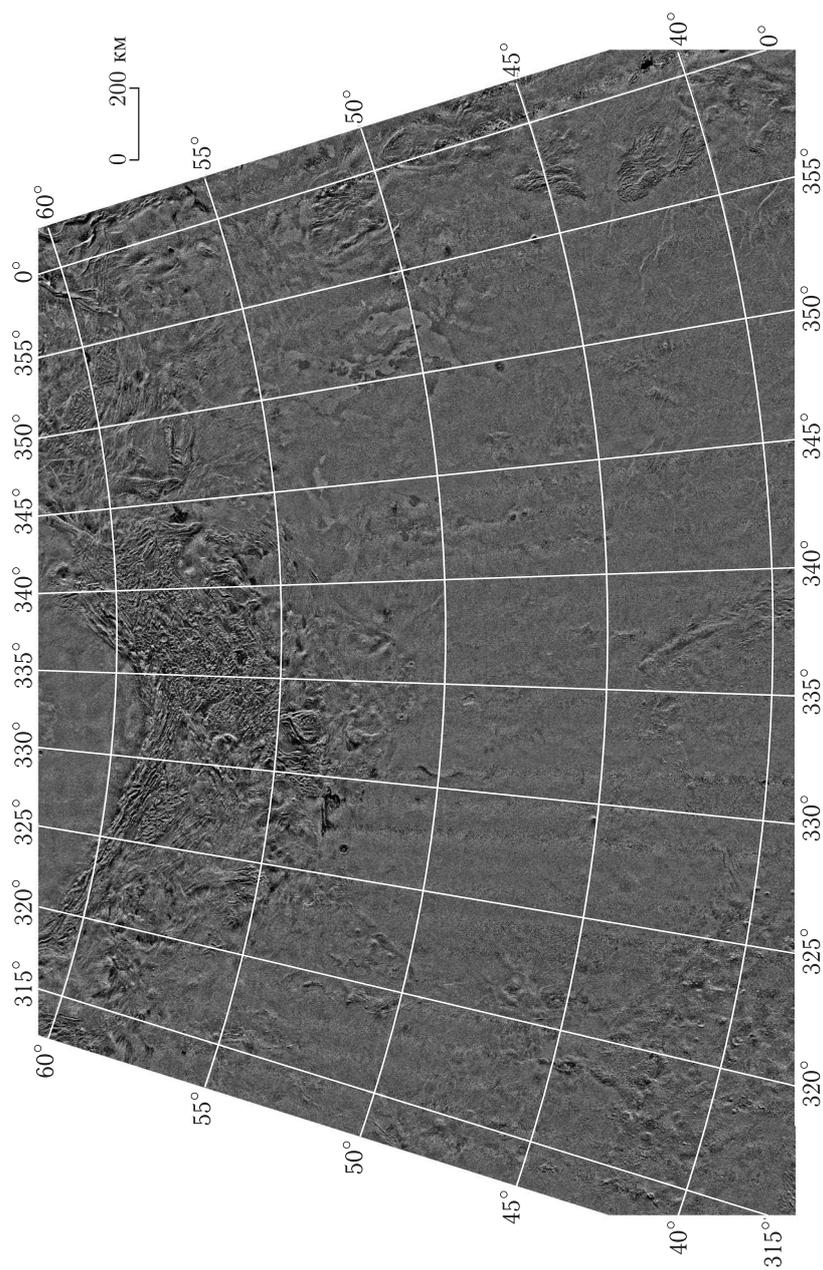
Выбор границ описываемого участка обусловлен тем, что лишь трапеция В-11 обеспечена съемкой полностью, а листы В-20 и В-21 только вдоль их северных кромок, примерно до 30° с. ш., так что они являлись небольшими дополнениями к полному листу В-11.

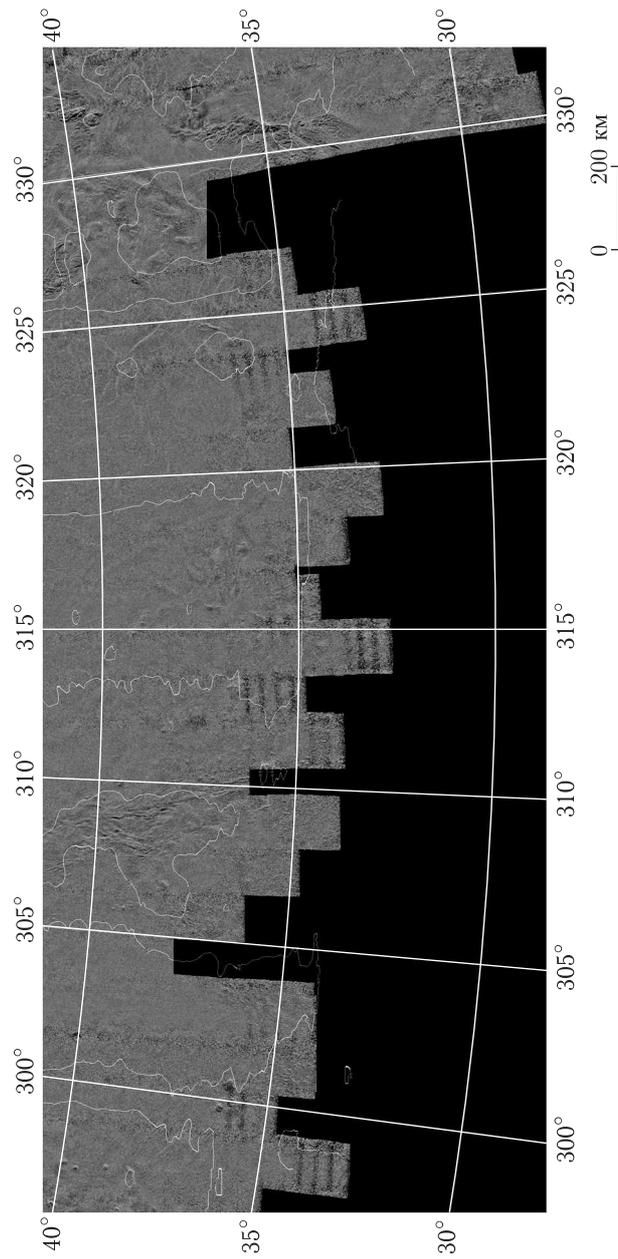
Схема получения изображений, составления и расположения фотокарт была описана нами ранее [4], поэтому здесь будут даны лишь описания структур поверхности и их геологическое истолкование.

Основные геолого-морфологические образования исследованной территории представлены южной частью структуры Лакшми на севере листа В-11, равниной Седны (листы В-11, В-21) и равниной Гиневры (лист В-20). Соответственно этому перечню составлены и описания (рис. 1–3).

Южное обрамление плато Лакшми

Вдоль северной границы территории располагается южная часть структуры Лакшми. Здесь плато заходит на лист В-11 в виде небольшого участка, который обрамлен с юга узким поясом горных сооружений (горы Дану) шириной около 100 км, состоящим из линейных хребтов и долин между ними, ориентированных почти всюду вдоль





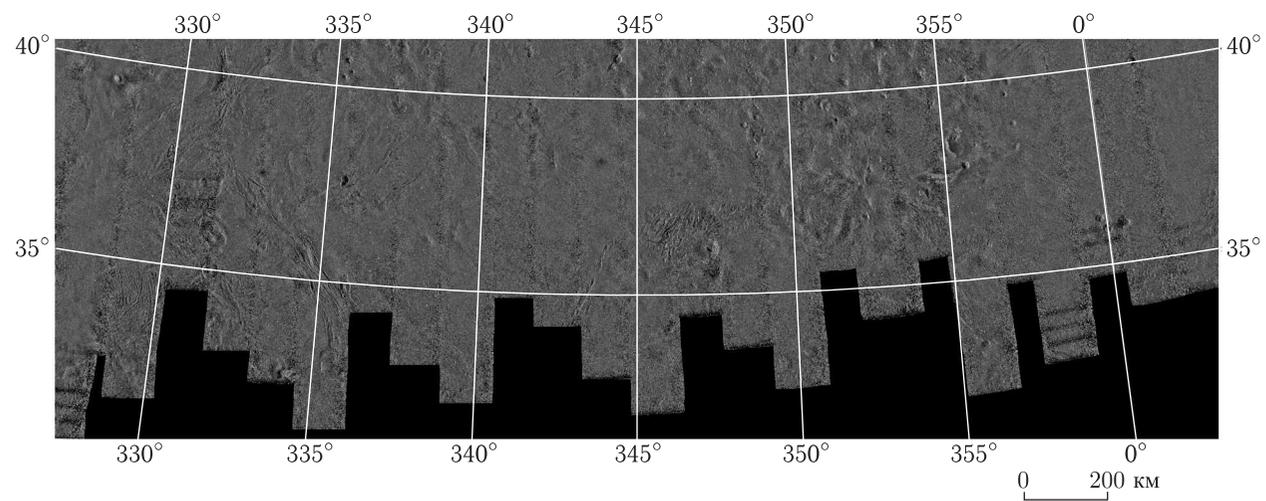


Рис. 1. Фотокарта Венеры: *а* — лист В-11, *б* — лист В-21, *в* — лист В-20

кромки плато. Сама кромка имеет здесь в плане форму тупого угла (120°), повернутого вершиной к югу. Отдельные хребты внутри пояса прослеживаются на десятки километров в длину (до 100 км) и имеют ширину 10–15 км. Судя по общей морфологии, хребты образованы складками сжатия или выступами тектонических «чешуй» типа надвигов. Близ южной оконечности плато в том месте, где кромка плато меняет направление с запад-северо-западного на северо-восточное, две системы параллельных обрамлению хребтов сосуществуют и пересекаются под углом около 60° (рис. 1–3).

Поясу линейных хребтов соответствуют возвышенности вдоль границы плато (горы Дану) и обращенный к югу уступ высотой 3–5 км (уступ Весты). На юге подножье уступа граничит с областью хаотического рельефа — тессерой Клото, которая протягивается полосой шириной 400 и длиной 1000 км и северо-восточном направлении. Расчлененный рельеф этой области состоит из хаотично ориентированных невысоких хребтов и возвышенностей с характерным размером в десятки километров. Местность подобного типа сходна с образованиями, называемыми паркетом. Обращает на себя внимание строение юго-восточной границы тессеры Клото. Она имеет «рваный» облик и для нее характерны дугообразные выемки, прочитывающиеся в нескольких местах. Вкупе с дугообразным разломом на северо-востоке тессеры, прерывающим структуры паркета и подчеркнутым двумя депрессиями с относительно гладкими днищами, ситуация наводит на мысль о развитии здесь крупномасштабных оползней, по которым блоки паркета сползли с образованием ниш отрыва в сторону равнины Седны в соответствии с региональным уклоном местности (рис. 4). При этом дугообразный разлом на северо-западе тессеры следует считать готовящимся либо не состоявшимся оползнем. В южном направлении участки расчлененного рельефа почти повсеместно переходят в равнину Седны постепенно через зону полого-холмистого рельефа часто с грядами, ориентированными согласно с обрамлением плато Лакшми.

Равнина Седны

Более 3/4 описываемой площади занято равниной Седны с высотными отметками, близкими к нулевому уровню (сфера радиусом 6051 км, описанная из центра масс планеты) или несколько ниже его. На севере равнина граничит с гористой местностью внешнего обрамления плато Лакшми, а на западе, востоке и юге она выходит за пределы территории. Над монотонной гладкой поверхностью равнины лишь в отдельных местах возвышаются останцы более древнего рельефа.

Вдоль восточной границы территории протягивается цепочка останцов паркета (тессеры Манзан-Гурмэ) — системы хаотично ориентированных коротких хребтов (первые десятки километров длиной). Эти останцы имеют 200–400 км в поперечнике и, судя по извилистым границам с «заливами» равнинного материала, являются более древни-

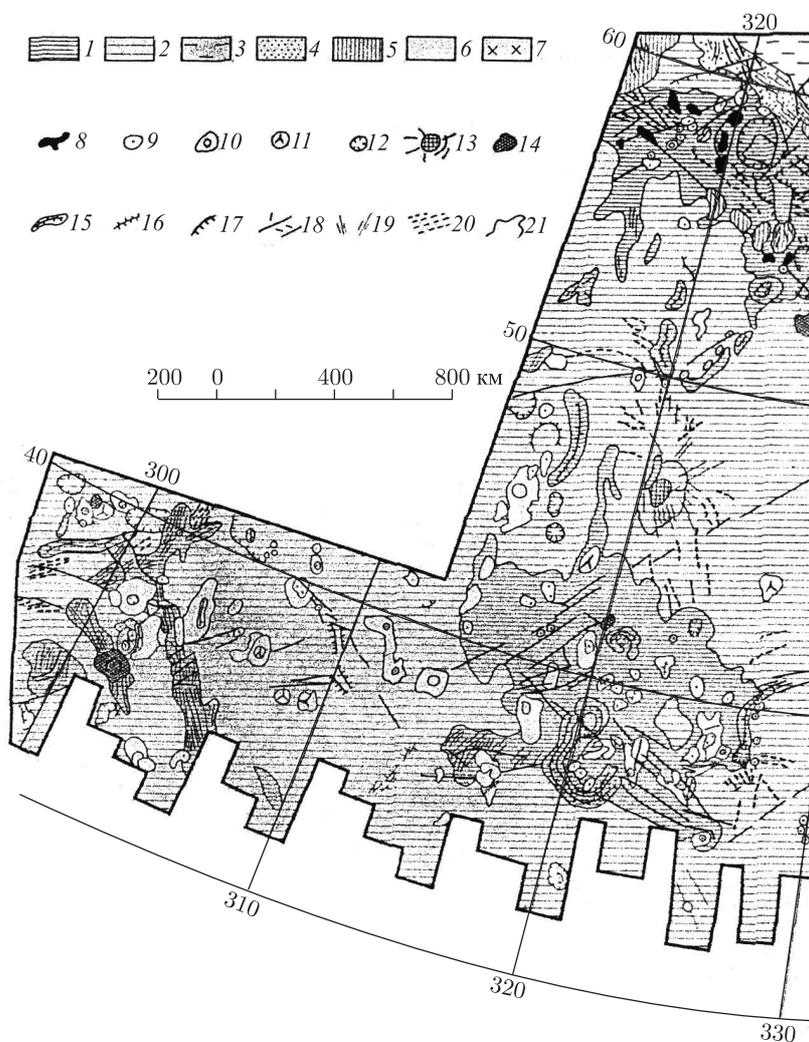
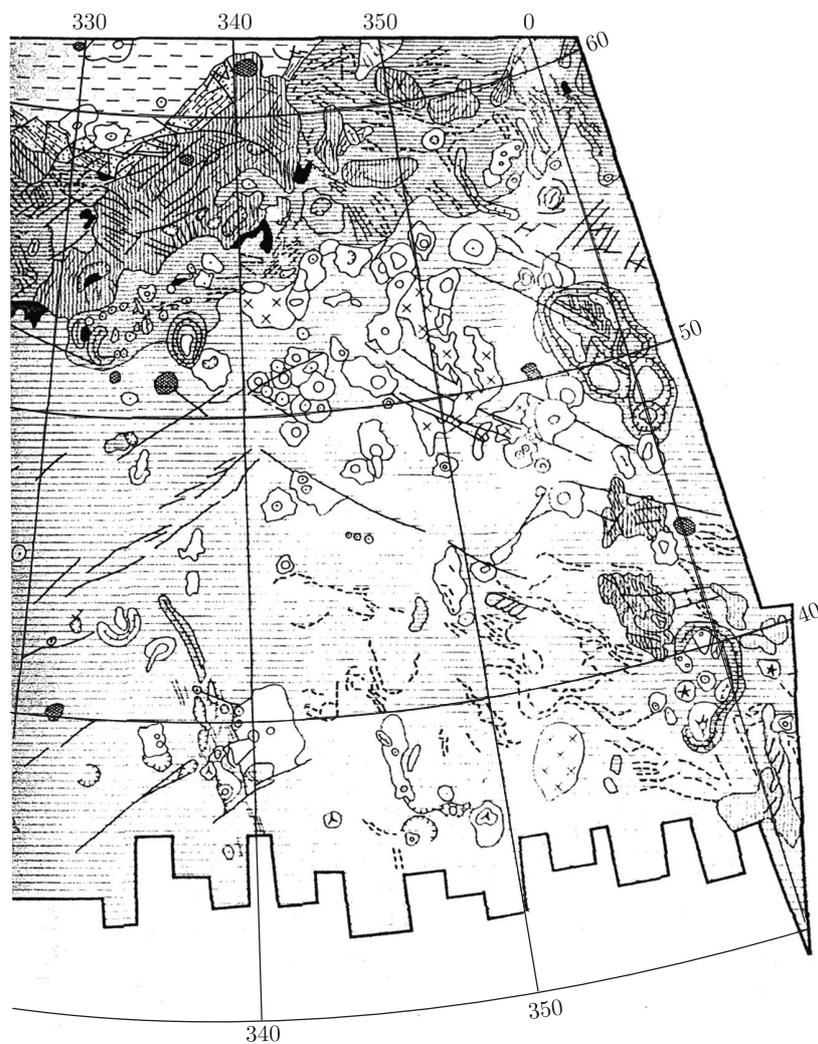


Рис. 2. Геолого-морфологическая карта Венеры (листы В-11, В-20, В-21): 1 — комплекс холмистых равнин, 2 — комплекс гладких равнин, 3 — комплекс собственно плато Лакшми, 4 — комплекс обрамления плато Лакшми, 5 — комплекс тессер — областей хаотического рельефа (паркет), 6 — вулканические образования, 7 — отдельные лавовые потоки с видимыми границами, 8 — области низкого альbedo в радиодиапазоне, 9 — купола, 10 — купола с кратерами, 11 — купола крутосклонные, 12 — депрессии, 13 — радиально-концентрические структуры предположительно вулканического происхождения («пауки»), 14 — ударные кратеры, 15 — валы, 16 — гряды, 17 — уступы, 18 — линии смещения структур, зияющие трещины (разломы), 19 — основные простирания структур, 20 — линеаменты неясного генезиса, 21 — геологические границы



ми по отношению к равнине. Некоторые останцы окружены пологими валами шириной 30–50 км, которые следуют очертаниям их границ.

В северо-восточном углу листа В-11 поверхность равнины не столь монотонна, как на западе. Здесь появляются отличные по фототону области, ограниченные фестончатыми контурами, небольшие (первые десятки километров) куполообразные структуры и изометричные в плане образования, в центре которых наблюдаются круглые пятна 30–40 км в поперечнике с очень темным фототонем, окруженные концентрично диффузной светлой областью, внешние границы которой имеют подчас фестончатые очертания, а иногда прочитываются как уступы, обращен-

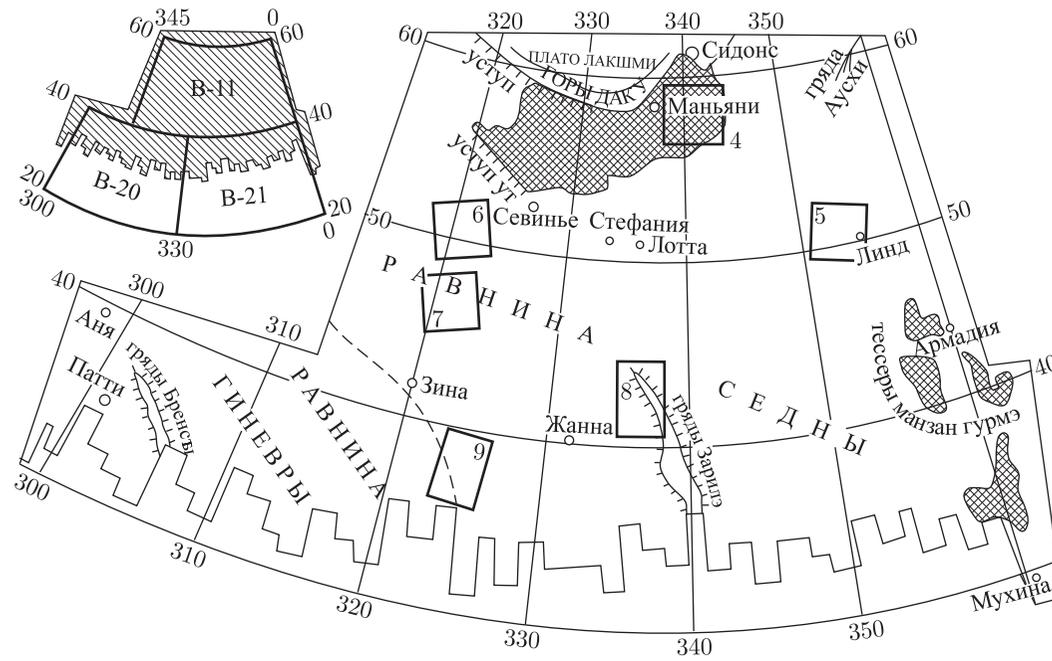


Рис. 3. Схема географических названий и расположения листов карты. Заштрихована территория, показанная на рис. 2

ные от центра структуры. В центре темного пятна присутствует иногда небольшая депрессия. Диффузность очертаний и присутствие в ряде случаев центральной депрессии отличает такие структуры от ударных кратеров и позволяет рассматривать их как вулканические постройки с очень пологими склонами типа щитовых вулканов с округлой кальдерой в центре, днище которой либо засыпано рыхлым материалом, либо представляет собой ровную поверхность лавового заполнения, что объясняет ее темный фототон. Пологие склоны сложены материалом лавовых потоков, концевые части которых сливаются в фестончатую границу обрамления.

Встречаются также отдельные купола с «освещенной» и «теневой» сторонами, окруженные темными областями с фестончатыми границами. Они могут быть также истолкованы как отдельные вулканические аппараты, возникшие над трещинами и окруженные потоками лав.

Здесь же, в северо-восточной части равнины Седны, присутствует обширный участок поверхности светлого фототона с изрезанными границами и изолированными темными пятнами. Фототон поверхности свидетельствует о ее повышенной шероховатости, а отсутствие выраженных в гипсометрии превышений — о принадлежности к равнине. Фестончатость границ светлой области наводит на мысль о ее происхождении за счет излияния, том более, что темные пятна и линии на ее поверхности образуют рисунок, похожий на систему трещин растяжения, послуживших источником излияния (рис. 5). Повышенная шероховатость поверхности может объясняться относительной молодостью и/или отличием в составе лав.

Эти и другие примеры убеждают в том, что поверхность равнины Седны была ареной обширных проявлений интенсивного вулканизма, что выразилось как в образовании аппаратов центрального типа, так и трещинных излияний на обширных площадях. Кроме того, к югу и к западу от описанных участков на равнине во многих местах прочитываются на пределе разрешения по фототону «тени» структур, напоминающие вулканические постройки по наличию слабо выраженных центральных депрессий и фестончатых «фартуков», окружающих пологие купола.

Другие области равнины Седны выглядят более однообразными, тем не менее в их пределах также встречаются структуры с признаками вулканического происхождения. Так, цепочка куполов северо-восточной ориентировки, протягивающаяся вдоль выраженного в рельефе разорванного вала того же направления на северо-востоке равнины, скорее всего своим происхождением обязана разлому того же простираения (рис. 6).

К вулканическим структурам следует отнести и выраженное в рельефе образование с радиально-концентрическим строением на западе равнины Седны. Система разломов северо-восточного простираения, по которым прослеживаются смещения в горизонтальном направлении, пересекает эту структуру на блоки, которые как бы раздвинуты в сторо-

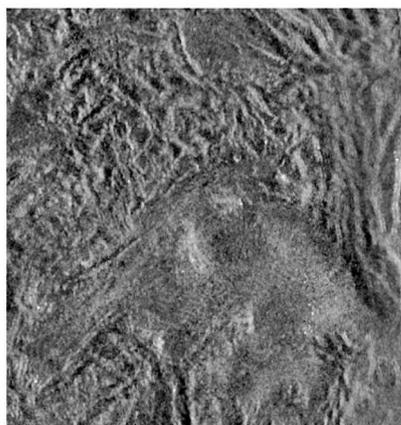


Рис. 4

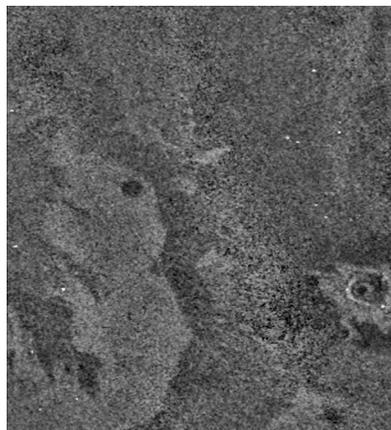


Рис. 5

Рис. 4. Участок тессеры Клото с дугообразными разломами, по которым произошло отседание блоком с хаотическим рельефом поверхности с образованием структур, напоминающих ниши отрыва гигантских оползней. Размер участка 300×300 км

Рис. 5. Предположительно поверхность площадного излияния, связанного с трещинами или зоной трещин на пересечении разломов северо-восточного и северо-западного простираний: разломы прочитываются на равнине Седны по прямолинейным границам светлых и темных полей и тянутся на сотни километров. Размер участка 300×300 км

ны с образованием центральной депрессии и молодого вулканического купола в центре (рис. 7). Эта ситуация может быть истолкована как результат разрушения и горизонтального «расползания» крупной вулканической постройки под действием собственной тяжести.

Особо следует остановиться на структуре гряд Зорилэ. Это северо-западный пояс линейных структур 200×800 км, представленный на юге системой кулисных коротких (несколько десятков километров) расселин и валов, которые выглядят как «морщины» в тонком поверхностном слое. На севере структура заканчивается протяженным узким валом (50×300 км) того же направления. На значительном протяжении под склонами вала и на его северном конце он обрамлен линейными структурами пояса (рис. 8). Это наводит на мысль, что в целом материал, слагающий вал, возможно, был выжат по расселине, как и в случае с грядами Брексты (см. ниже), по типу соляных диапиров.

У восточной рамки листа В-11 расположены две округленные полигональные структуры: размером 270×300 и 160×260 км. Их контуры образованы широкими пологими валами, похожими на пояс гряд Зорилэ, а внутренние части заполнены сливающимися куполами и мелкохолмистыми участками, и все вместе они рассечены частыми



Рис. 6



Рис. 7

Рис. 6. Пять куполов поперечником 20–25 км расположены вдоль почти прямой слегка изогнутой линии длиной ~ 300 км северо-восточного простирания с почти равными (~ 50 км) промежутками между ними. Они округлы в плане, с четкими подножьями, у двух северных — темные пятна на вершине, может быть, кратеры. С юго-востока от этой линии, примерно параллельно ей протягивается плосковершинный крутосклонный разорванный в одном месте вал. Размер участка 300×300 км

Рис. 7. Сложно построенная структура поперечником около 200 км: центральная депрессия, обрамленная куполами или валами. С востока конформно депрессии проходит дуга узкого вала, с внешней стороны которого более светлая поверхность охватывает кольцом всю структуру. Внешняя граница этого кольца фестончатая, с юга — сеть линеаментов (светлых), грубо радиальных по отношению к структуре. Размер участка 300×300 км

открытыми трещинами. Эти формы напоминают крупные кольцевые структуры («овоиды») к западу от Земли Иштар.

Отсутствие видимых значительных структур в однородной центральной части равнины, возможно, объясняется более обширными трещинными излияниями с большими расходами, которые захоранивали собственные источники подобно тому, как это происходило в лунных морях. Сходство с лунными морями подчеркивается округлыми очертаниями области от 41 до 53° с. ш. и 322 – 335° в. д., частично обрамленной пологими валами. Возможно, это почти полностью затопленный бассейн диаметром 1100 км.

Равнина Гиневры

Равнина Гиневры занимает большую часть листа В-20 и представлена в центральной части сглаженной поверхностью (комплекс гладкой равнины) с отдельными небольшими куполами, очевидно, вулкани-

ческого происхождения. На востоке на границе с равниной Седны рельеф усложняется и гладкая равнина сменяется бугристой поверхностью комплекса холмистой равнины, что сопровождается изменением превышений от $-0,5$ до $0,5$ км (над уровенной поверхностью). При ближайшем рассмотрении холмистая равнина оказывается состоящей из почти сомкнувшихся подножьями пологих куполов несколько десятков километров в поперечнике, на вершинах которых иногда присутствуют центральные депрессии или даже расселины. Порой купола представлены малыми более крутосклонными формами (до $10-20$ км в поперечнике, часто до первых километров), а иногда округлыми в плане образованиями дисковидной формы с углублениями в центре. Порой группа куполов имеет обрамление в виде пологого вала. Так, в пределах небольшого участка в окрестностях точки с координатами $\lambda = 325^\circ$ в. д., $\varphi = 38^\circ$ с. ш. сконцентрировано несколько куполов и радарно-светлых образований с фестончатыми границами, напоминающих потоки лав (рис. 9). В центре этого участка протяженный (около 100 км) раздваивающийся поток примыкает к круглому крутосклонному куполу с гребнем диаметром около 25 км. Похоже, что поток брал начало из-под купола и тек на запад.

С юго-запада к холмистой равнине примыкает участок, где развиты линейные структуры северо-восточного простирания: сопряженные гряды и борозды, обрывающиеся на границе участка, который выглядит как останец более древнего рельефа, выступающий из-под отложений гладких равнин (рис. 1).

На западе равнины Гиневры развиты линейные структуры, получившие название гряд Брексты. Это два пояса линейных структур северо-западного простирания длиной 300 и 500 км и пояс северо-восточного простирания, примыкающий к ним с севера подобно перекладине буквы П. Линейные структуры наиболее отчетливо выражены в самом длинном поясе северо-западного простирания и представляют собой субпараллельную систему сопряженных гряд и борозд внешне похожих на систему трещин растяжения на своде линейного поднятия. В нескольких местах эти структуры смещены поперечными линиями нарушений. В центральной части пояс осложнен вытянутым в том же направлении куполом, который в плане имеет линзовидную форму и обрамлен по краям расселинами. Создается впечатление, что купол сложен материалом, внедрившимся в зону растяжения (рис. 1).

На участке равнины между грядами уверенно прочитываются две положительные структуры в форме дисков с центральными депрессиями. Одна, меньших размеров, севернее кратера Патти имеет размеры 100×60 км и другая, еще более на север — 150×100 км. В юго-западном углу описываемой территории присутствует изометричный в плане участок поверхности, расчлененный системой меридиональных гряд и борозд, похожий на останец более древнего рельефа.

На поверхности равнины Гиневры с трудом прочитываются протяженные линеаменты, которые выглядят как границы поверхности

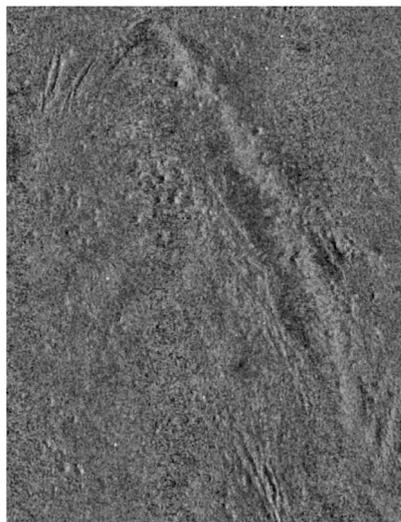


Рис. 8

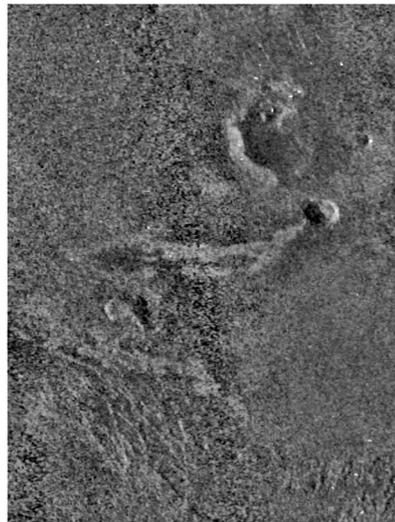


Рис. 9

Рис. 8. Северное окончание гряд Зорилэ: пологий вал северо-западного простирания длиной около 300 км и шириной 50 км, обрамленный линейными структурами. Размер участка 250 × 400 км

Рис. 9. Округлый крутосклонный купол с гребнем на вершине в центре участка, к подножью которого с запада примыкает раздваивающийся поток. Светлый фототон, возможно, связан с шероховатой свежей поверхностью потока. Размер участка 250 × 400 км

различного фототона. Линеаменты образуют ортогональную систему северо-восточного и северо-западного простираний, а их длина доходит до нескольких сотен километров.

Интерпретация геологического строения

Геолого-морфологический анализ, позволяя выделить типы местности на поверхности, при дальнейших интерпретациях опирается на допущение, что типам местности соответствуют геологические комплексы. Поэтому геолого-морфологическая карта является синтетической (построенной не на одном принципе), в ней наряду с отдельными морфологически выраженными образованиями сделана попытка показать распространенность выделенных геологических комплексов и истолковать их генезис.

Наиболее широко распространенным в пределах изученной территории является комплекс гладких равнин. Представлен он скорее всего потоками вулканических лав, вероятно, базальтового состава [1, 6]. Мы видим их в северо-восточной части листа В-11, где они,

видимо, наиболее молоды. На остальной части равнины Седны различия в радиояркости отдельных лавовых потоков, возможно, исчезли под воздействием поверхностных процессов. Средний возраст равнин в зоне съемки «Венеры-15» и «Венеры-16» по плотности распределения наложенных на них ударных кратеров оценивается величиной порядка 1 млрд. лет [4]. По-видимому, примерно таков же и возраст поверхности равнины Седны. Возраст молодых лавовых потоков северо-восточной четверти листа В-11 ориентировочно может быть оценен величиной порядка 200 млн. лет и менее [3].

Присутствием отдельных вулканических куполов и их скоплений равнина Седны напоминает некоторые вулканические области на Марсе и на Земле и отличается от большинства базальтовых морей Луны. По-видимому, образование куполов связано с присутствием в лаве летучих компонентов.

Комплекс холмистых равнин представляется в целом более древним, о чем свидетельствуют видимые в ряде мест соотношения его с комплексом гладких равнин.

Самым древним геологическим комплексом следует считать, очевидно, тессеру Клото. На юго-востоке структуры этого комплекса деградируют, переходя в холмистую равнину, а на северо-западе перекрыты комплексом обрамления плато Лакшми, в котором, в свою очередь, северная часть (горы Дану) представляется относительно более молодой.

Комплекс пород собственно плато Лакшми, слагающий непрерывный покров на его поверхности, по относительному возрасту коррелирует с комплексом гладких равнин и выделен самостоятельно из-за его особого структурного и гипсометрического положения [4].

В формировании тессеры Клото существенную роль играют структуры типа гигантских оползней, со смятием слагающего их вещества и с нишами отрыва и лавовыми излияниями в тыловых частях. «Черепитчатое» строение тессеры в этой модели может возникнуть по механизму, описанному в работе [5].

В комплексе холмистых равнин, очевидно, объединяются разнородные структуры. Это многочисленные лавовые купола и, вероятно, экструзии, остатки крупных вулканических построек, «раздавленных» собственной тяжестью, перекрытые лавами участки «паркета», поля даек и трещин растяжения, а также «просвечивающие» среди лавовых полей реликты крупных кольцевых структур. Особо следует отметить валообразные структуры на сводах линейных поднятий гряд Брексты и Зорилэ, которые могут быть образованы выжиманием более пластичного и более легкого нагретого материала недр из-под более тяжелых и холодных плит базальтовых покровов по типу соляных куполов.

Слабо выраженные, но тем не менее протяженные линеаменты на равнинах, образующие систему двух преимущественно северо-западного и северо-восточного простираний, могут быть позднейшими

проявлениями древней планетарной сети трещиноватости в наиболее молодых геологических комплексах равнин.

Литература

1. Барсуков В. Л., Сурков Ю. А., Москалева Л. П. и др. Геохимические исследования поверхности Венеры АМС «Венера-13» и «Венера-14». — Геохимия, 1982, № 7, с. 899–919.
2. Барсуков В. Л., Базилевский А. Т., Кузьмин Р. О. и др. Геология Венеры по результатам анализа радиолокационных изображений, полученных АМС «Венера-15» и «Венера-16» (предварительные данные). — Геохимия, 1984, № 12, с. 1811–1820.
3. Николаева О. В., Ронка Л. Б., Базилевский А. Т. Круговые образования на равнинах Венеры как свидетели ее геологической истории. — Геохимия, 1986, № 5, с. 579–589.
4. 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.
5. Ромашов А. Н., Кондратьев В. Н., Кулюкин А. М., Цыганков С. С. Моделирование структур разрушения в верхних слоях Земли. Вестн. МГУ. Сер. 5. География, 1985, № 4, с. 81–88.
6. Сурков Ю. А., Москалева Л. П., Щеглов О. П. и др. Метод, аппаратура и результаты определения элементного состава венерианской породы на КА «Вега-2». — Астрон. вестн., 1985, т. 19, № 4, с. 275–288.

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

Поступила в редакцию
18.IV.1986

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

Институт радиотехники и электроники АН СССР

Geological-morphological Description of the Sedna and Guinevre planitiae on Venus (Photomaps Lists B-11, B-20, B-21)

A. A. Pronin, G. A. Burba, N. N. Bobina, Yu. S. Tyufin, A. I. Sidorenko, S. A. Kadnichanskij, M. V. Ostrovskij, V. A. Kotelnikov, O. N. Rzhiga, G. M. Petrov, Yu. N. Alexandrov, V. A. Shubin, N. V. Rodionova

The description and map are given for the area of Sedna and Guinevre Planitiae, which are representative examples of largest geological provinces of Venus composed of volcanic rocks. Units of different age and their relations are shown and interpretation of their probable origin is given.