

УДК 523.42—83

Стереопанорама района посадки советских АМС «Венера-9» — «Венера-14» и анализ корреляций некоторых характеристик поверхности этого района по данным орбитальной радиолокации

Ю. Г. Шкуратов, А. Т. Базилевский, Ю. В. Корниенко, Д. Г. Станкевич,
А. В. Ильинский, В. И. Бычинский, С. А. Каныгин

Методами корреляционного анализа исследована связь высоты, наклона и степени шероховатости поверхности Венеры в районе возвышенности Бета. Разброс корреляции шероховатость — высота объяснен наличием тектонической и вулканической активности.

Описана методика и приведены результаты представления альтиметрических данных в виде, имитирующем высотный фотоснимок и допускающем построение синтезированных стереопар.

STEREOPANORAMA OF «VENERA-9» — «VENERA-14» LANDING REGION AND A CORRELATION ANALYSIS OF ITS SURFACE CHARACTERISTICS USING ORBITAL RADAR DATA, by Shkuratov Yu. G., Bazilevskij A. T., Kornienko Yu. V., Stankevich D. G., Il'inskij A. V., Bychinskij V. I., Kanygin S. A.— Stereopanorama of «Venera-9» — «Venera-14» landing region (Beta Regio) is obtained by using the «Pioneer-Venus-1» radar data. Correlation analysis of the dependence between roughness (metre and decametre scales) and altitude as well as between roughness and regional slopes (for the 280 km base) is carried out using the system of digital image processing. Geological structure of Beta Regio is described.

Для астрономов и геологов традиционной формой представления информации о рельефе поверхности планет являются фотографии. Дистанционные (глобальные и региональные) исследования поверхности Венеры возможны только радиолокационными методами. Обычно радиолокационная информация представляется в виде карт изолиний, кодированных цветом или полутоном. Такой способ представления применительно к альтиметрическим данным не очень удобен для визуального восприятия. Более наглядной формой представления является отмычка рельефа или изображение, имитирующее высотные космические фотографии. Впервые такие псевдофотографии венерианской поверхности были синтезированы по альтиметрическим данным, полученным американским космическим аппаратом «Пионер-Венера-1» в США [24] и в СССР [3]. Такой подход к представлению альтиметрических данных находит свое дальнейшее применение [7, 9, 22, 25]. Важным направлением в изучении Венеры радиолокационными методами является количественное исследование корреляций (включая кластерный анализ) региональных распределений различных характеристик поверхности, например высоты, шероховатости различных масштабов и т. д. Эти исследования начаты недавно [10, 15] и находят в настоящее время дальнейшее развитие [1, 13, 14, 22]. Количественный корреляционный анализ характеристик позволяет проводить более тонкие исследования строения изучаемой поверхности и выявить особенности, ускользающие при визуальном анализе. Данная статья является продолжением и обобщением наших работ [1, 3, 7, 9, 10, 13—15, 25].

Исходные радиолокационные данные. Радиолокационные исследования поверхности Венеры проводятся наземными радиотелескопами и с помощью космических средств. Первое радиозондирование поверхности Венеры из космоса выполнено с помощью АМС «Венера-4» в ок-

тябре 1967 г. В дальнейшем радиолокация венерианской поверхности выполнялась неоднократно, как советскими, так и американскими космическими аппаратами (см. обзор [6]). Большой объем информации о рельефе Венеры получен с помощью бортового радиолокатора КА «Пионер-Венера-1». Этот аппарат выведен 4 декабря 1978 г. на эллиптическую орбиту вокруг Венеры с периодом $\sim 1^d$. Радиолокатор работал поочередно в режиме измерения высоты и режиме измерения интенсивности отраженного сигнала (длина волны 17 см). Более подробные характеристики эксперимента содержатся в работе [23].

По измерениям диаграммы обратного рассеяния поверхности Венеры, в рамках теории Хэгфорса — Бекмана [16, 19], удалось определить региональные вариации коэффициента отражения и характеристик шероховатости в декаметровом и сантиметровом масштабах. Коэффициент отражения радиоволн связан с эффективной диэлектрической проницаемостью, зная которую, можно по формуле Кротикова [5] оценить плотность грунта. По измерениям диаграммы обратного рассеяния при малом угле визирования (угол между нормалью к средней поверхности и осью локатора) вычисляются вариации средних квадратичных углов наклона поверхности на базе сотен длин волн, т. е. декаметров. При больших углах визирования диаграмма обратного рассеяния формируется диффузным компонентом рассеянного излучения. По этим измерениям определяется степень шероховатости венерианской поверхности на базе порядка и менее длины волны, т. е. сантиметров. Данные измерений, полученные КА «Пионер-Венера-1», позволили составить карты перечисленных параметров, охватывающие большую часть венерианской поверхности. Альтиметрическая информация и данные о коэффициенте отражения и шероховатостях декаметрового масштаба имеются для области широт приблизительно $-63^\circ \div +74^\circ$, а данные о шероховатостях сантиметрового масштаба из-за сильной вытянутости орбиты спутника — только для экваториальной зоны (примерно $-20^\circ \div +40^\circ$). В конце 1980 г. эти карты переданы НАСА США в АН СССР для независимого анализа. В наших исследованиях в качестве исходной информации использовались карта высот (проекция Меркатора), представленная 24 цветовыми градациями с пространственным разрешением 100×100 км, и карта шероховатостей декаметрового масштаба, представленная непрерывной полутоновой гаммой. Подробное описание карт, а также некоторые результаты их геологической интерпретации содержатся в [21, 23].

Цифровая обработка радиолокационных данных. Обработка радиолокационной информации выполнялась с помощью системы цифровой обработки изображений, разработанной и созданной в ИРЭ АН УССР. Эта система неоднократно описывалась в литературе [4, 8]. В задачу обработки информации входило: 1) построение корреляционных диаграмм высота — шероховатость, шероховатость — уклоны крупномасштабного рельефа и машинный анализ этих диаграмм; 2) составление карт типов местности, соответствующих результатам анализа диаграмм; 3) представление полученных результатов в форме, наиболее удобной для зрительного восприятия.

Для изучения выбрана область Бета. Эта область привлекла к себе внимание по двум причинам. Во-первых, это район возможного проявления современного вулканизма, во-вторых, в этой области и вблизи нее совершили посадку советские АМС, начиная с «Венеры-8» и кончая «Венерой-14». На картах исследуемый участок ограничен широтами от -15° до $+40^\circ$ и долготами от 250° до 320° . Полутоновый вариант альтиметрической карты района и карты шероховатости приведен на рис. 1. Карты на этих рисунках являются нашей версией, получившейся после операции ввода оригиналов в ЭВМ, их предварительной обработки и вывода на фотопленку с помощью оптико-механического устройства вывода. Предварительная обработка материалов необходима

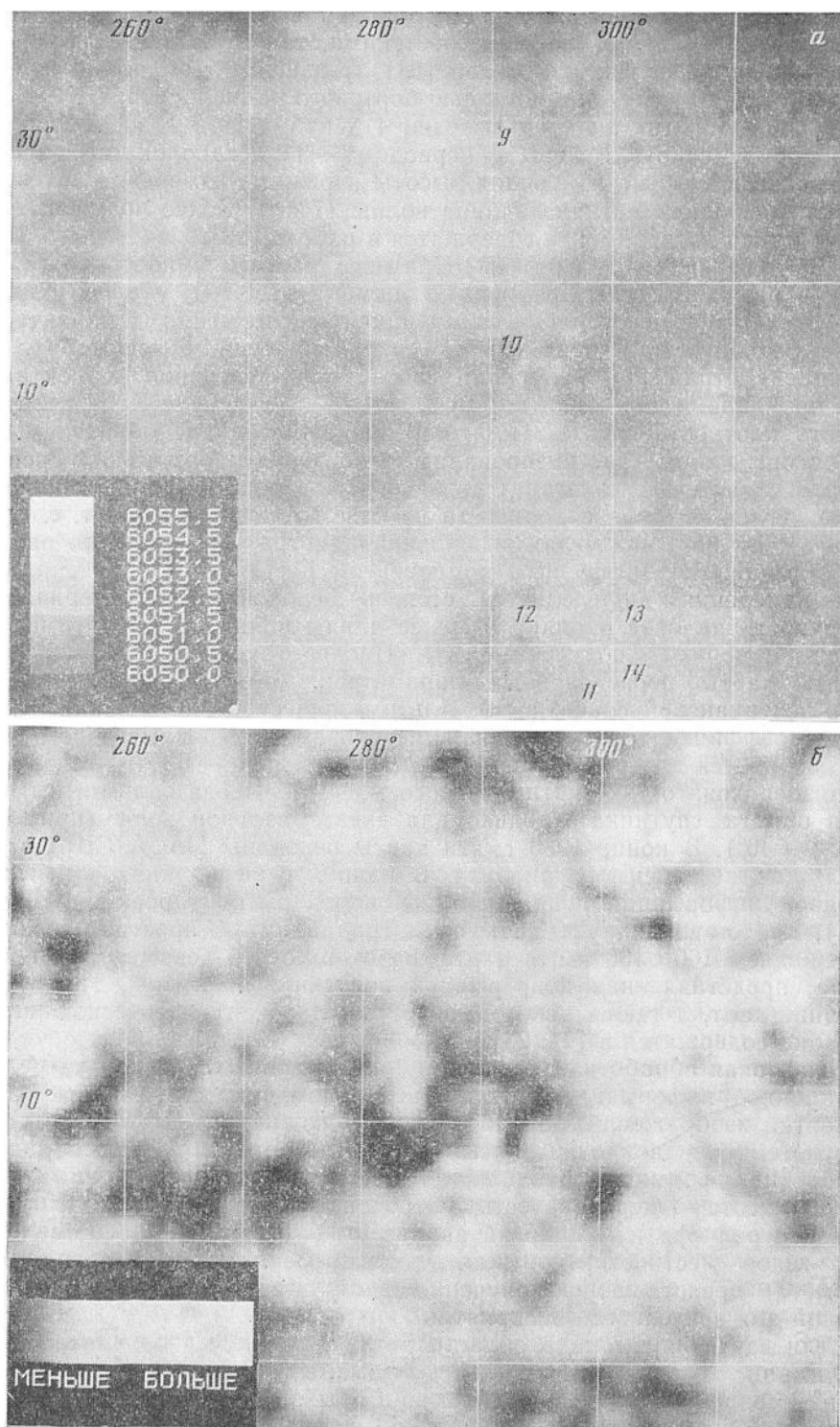


Рис. 1. Район Бета: а — карта высот района Бета. Яркие тона соответствуют большим высотам. Шкала дана в километрах от центра масс планеты. Номера указывают места посадок АМС серии «Венера» с 9 по 14; б — карта шероховатости декаметрового масштаба этого же района. Яркие тона соответствуют большей шероховатости (шкала произвольная). Размеры участка поверхности 7000×5400 км

для достижения сопоставимости альтиметрических данных и распределения шероховатости (поскольку они различались как по пространственному разрешению, так и по способу представления: шероховатость — полутоновая фотография, высота — карта уровней). Суть наиболее сложного этапа обработки заключалась в том, что распределение высот по участку, представленное семейством горизонталей, интерполировалось дважды дифференцируемой функцией, принимающей

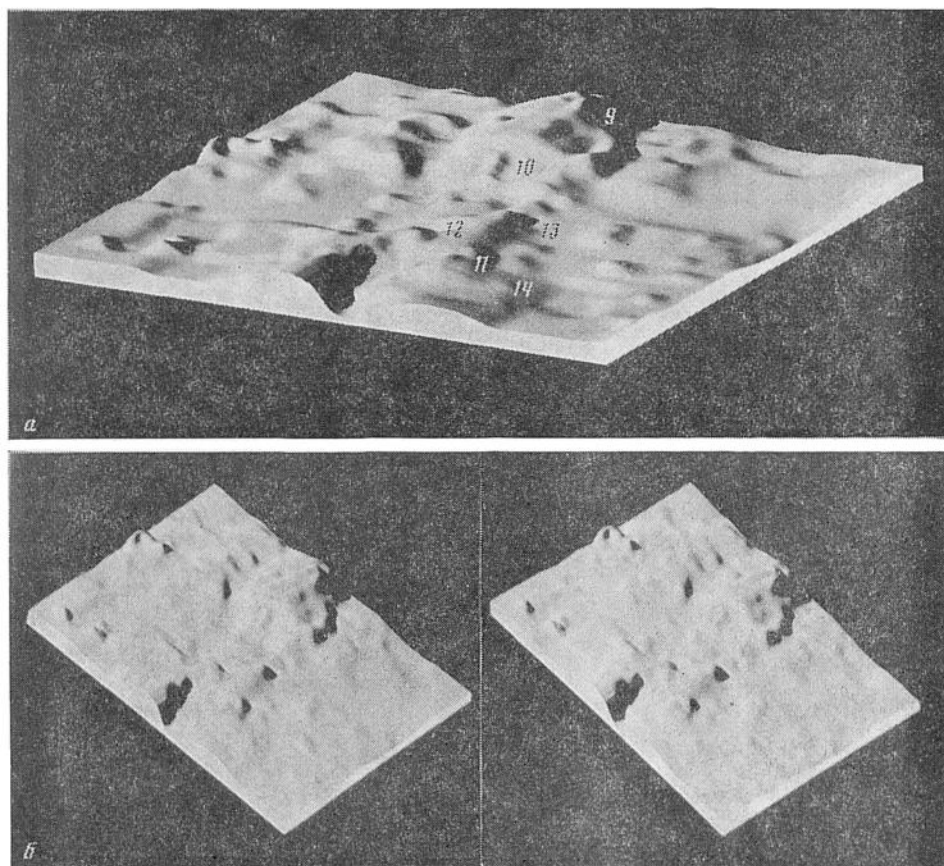


Рис. 2. Изображение рельефа района Бета: а — папорома района (цифры указывают места посадок советских АМС «Венера-9» — «Венера-14»); б — стереопанорама района

на горизонталях значения, указанные на карте. Процедура интерполяции сводилась к построению решения уравнения Пуассона итерационным методом с граничными условиями, заданными на горизонталях. Интерполированный вариант исходной карты высот приведен на рис. 1, а. Изображение шероховатости слегка замывалось по сравнению с оригиналом для приведения пространственного разрешения этого изображения в соответствие с альтиметрическими данными. Дальнейшая обработка материалов распалась на несколько взаимодополняющих этапов.

1. С целью облегчения визуального морфологического анализа рельефа разработана специальная методика представления с помощью ЭВМ альтиметрических данных в виде изображений, имитирующих высотные космические фотографии [3, 7]. Эта методика позволяет также выполнять синтез стереопанорам. Остановимся на этом подробнее.

По интерполированному распределению высот на исследуемом участке моделировалось плановое изображение рельефа поверхности при наклонном освещении. Высота источника параллельных световых

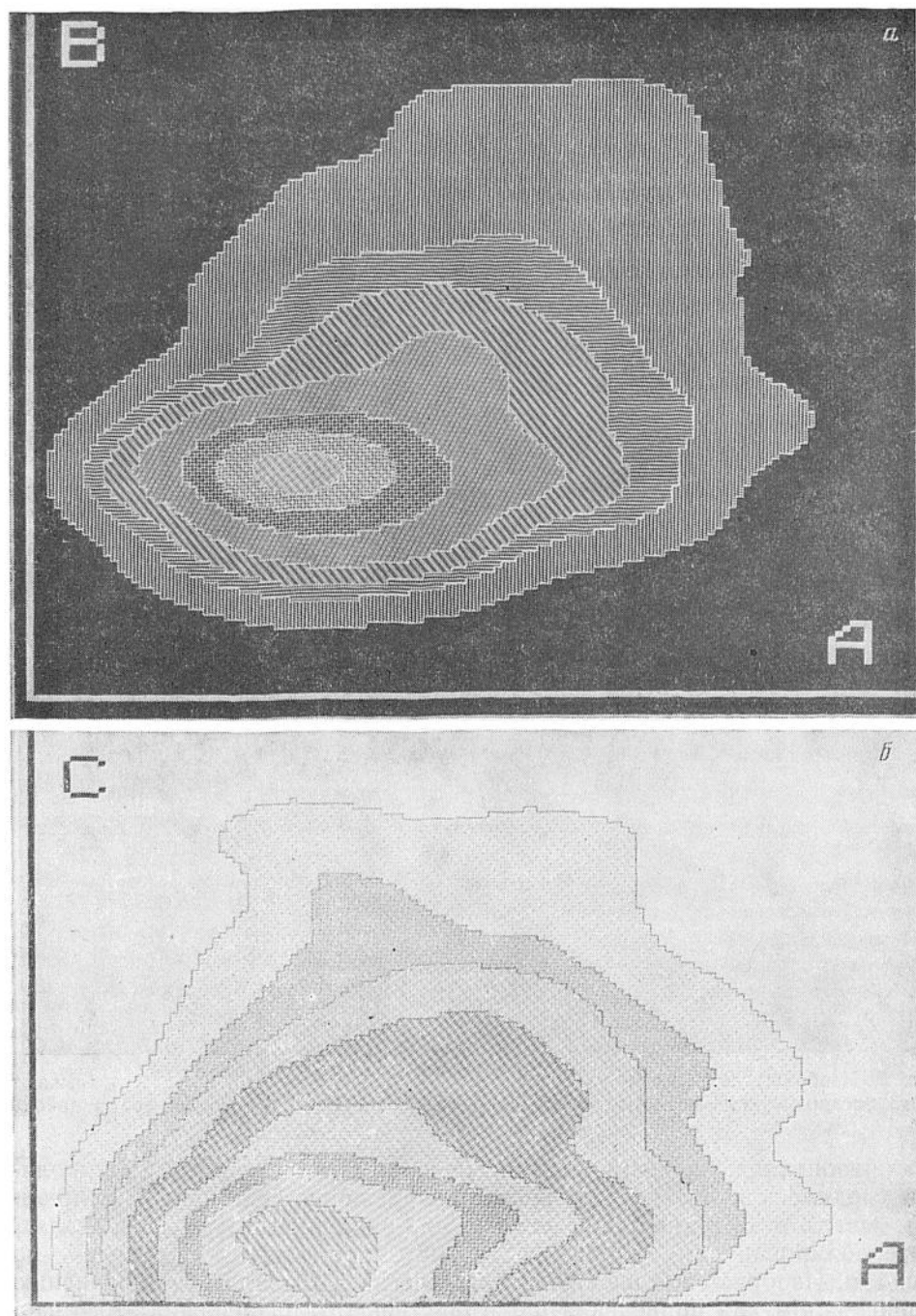


Рис. 3. Корреляционная диаграмма: а — шероховатость (А) — высота (В). Соотношение градаций (от периферии к центру) 1:8:16:32:64:96:128; б — диаграмма шероховатость (А) — уклоны (С). Соотношение градаций то же

лучей над горизонтом принималась $\sim 1/140$ радиан. Для построения этого изображения вычислялась яркость каждого элемента как линейная функция проекции градиента высоты в данной точке на направление падения лучей. Если в некоторой области значение этой функции оказывалось отрицательным, что соответствует самозатенению, дополнительно рассчитывался профиль тени, отбрасываемой на соседние участки. Этот метод расчета известен в картографии как метод Вихеля

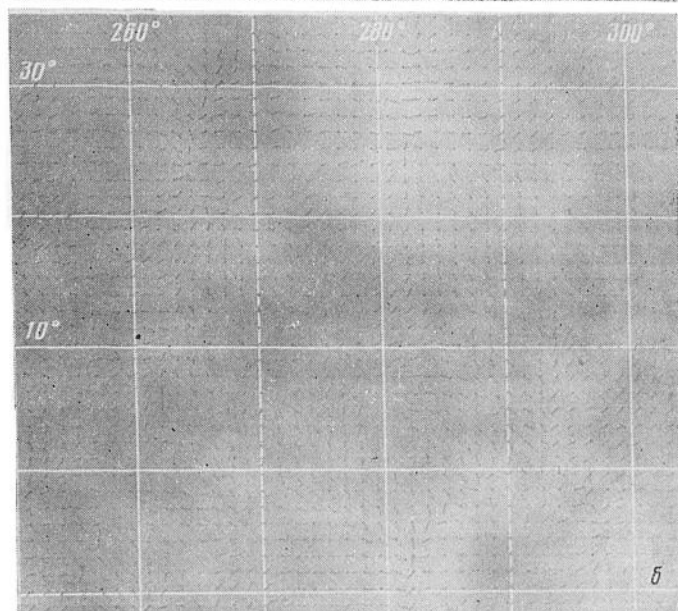
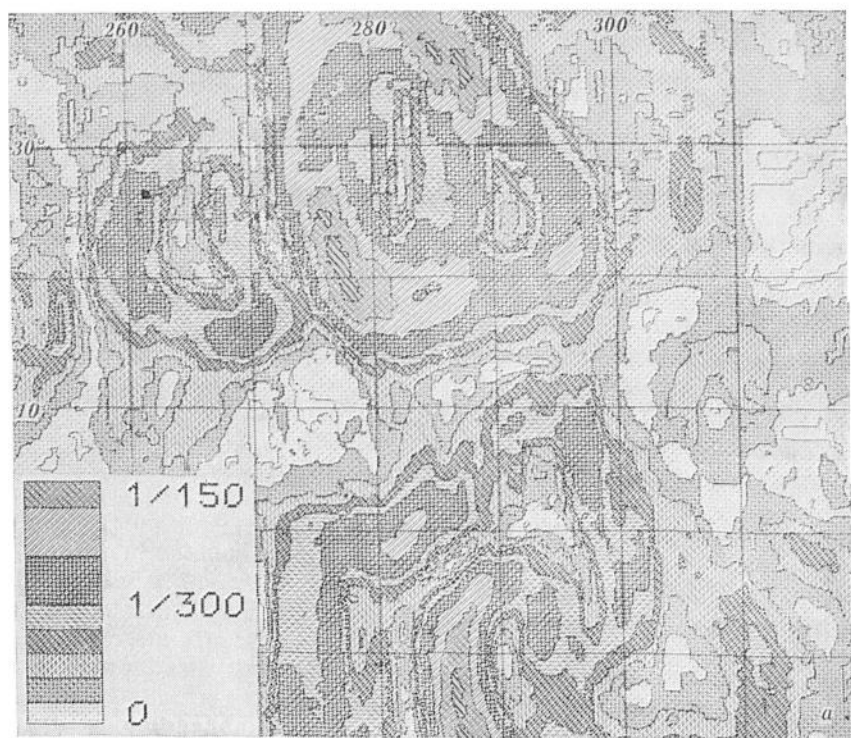


Рис. 4. Карта составляющих градиента высот района Бета: а — карта модуля градиента высот на базе 280 км (шкала уклонов дана в радианах); б — карта распределения ориентаций градиента высот. Утолщения черточек означают точку, где вычислялся градиент. Полутонотом отображено распределение высот (фрагмент карты)

[20]. На следующем этапе плановое изображение преобразовывалось в аксонометрическую проекцию. При построении изображений предполагалось, что поверхность рассеивает свет по закону Ламберта.

Синтезированное с помощью ЭВМ изображение района Бета (вид с юго-востока, освещение с юго-запада) представлено на рис. 2а. Для наглядности расстояния по вертикали увеличены в 100 раз по сравнению с горизонтальными. Построение изображений с несколько отлич-

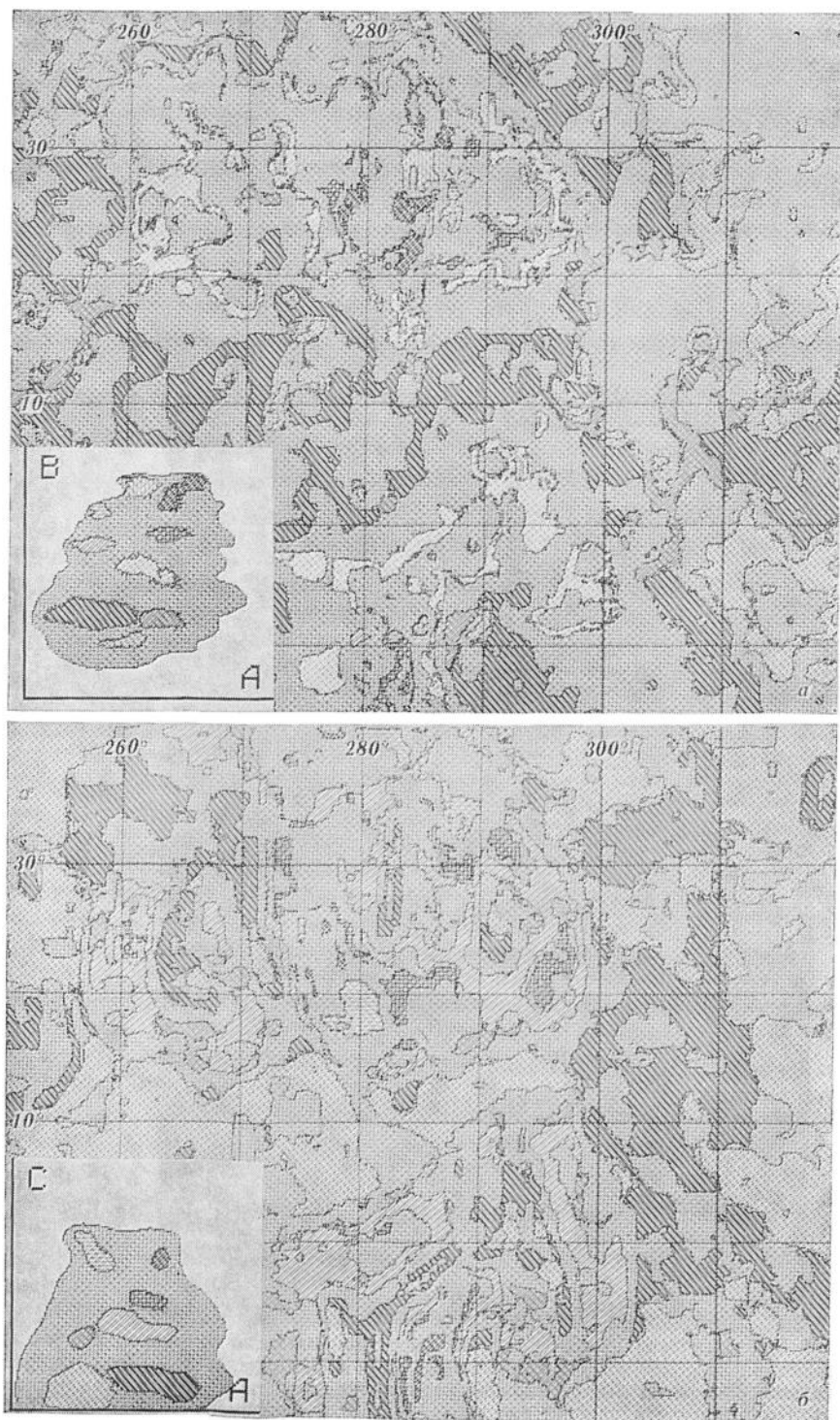


Рис. 5. Карты типов поверхности района Бета: *а* — по результатам кластерного анализа диаграммы шероховатость (А) — высота (А); *б* — по результатам кластерного анализа диаграммы шероховатость (А) — уклоны (С)

ными параметрами аксонометрической проекции позволило синтезировать стереопанорамы поверхности исследуемого района. На рис. 26 показана стереопанорама примерно в том же ракурсе, что и панорама на рис. 2а.

2. Корреляция характеристик микрорельефа (шероховатость дециметровых масштабов) и рельефа (высоты и уклоны на базе порядка 100 км) исследовалась с помощью ЭВМ методом, применяемым ранее для изучения корреляций между поляризованными и альбедными оптическими характеристиками лунной поверхности [4].

По интерполированному распределению высот и распределению шероховатости строилась диаграмма (в пространстве параметров), каждая точка которой соответствует на исходных изображениях в общем случае совокупности точек, имеющих данную комбинацию значений высоты и шероховатости (рис. 3, а). На темном фоне различной штриховкой отображены уровни плотности точек на диаграмме, причем от периферии к центру плотность повышается. Форма уровней (некоторая вытянутость по диагонали) указывает на существование слабой прямой зависимости между исследуемыми параметрами.

3. Для изучения корреляции между шероховатостью и региональными уклонами на базе сотен километров по интерполированному распределению высот путем вычисления в каждой точке градиента высоты построено изображение, передающее пространственное распределение этих уклонов (рис. 4, а). При вычислении градиентов учитывались искажения, вызванные тем, что исходные карты изучаемого района представлены в проекции Меркатора и производилось усреднение на базе 280 км. Представляет интерес и пространственное изменение ориентации вектора градиента высот. На рис. 4, б показан фрагмент карты, где черточками одинаковой длины отображены вариации ориентации по поверхности градиента высот. По картам такого рода легко определять «водоразделы» и другие особенности рельефа поверхности. Карты модуля (рис. 4, а) и ориентации (рис. 4, б) градиента высот дают взаимодополняющую информацию о рельефе поверхности. На рис. 3, б штриховкой на светлом фоне представлена диаграмма шероховатость — региональные уклоны. Так же как и на диаграмме 3, а, плотность точек увеличивается от периферии к центру. Форма уровней диаграммы указывает на отсутствие корреляции исследуемых параметров.

4. Описанные особенности, естественно, не означают, что на диаграммах нет локальных сгущений (кластеров), соответствующих некоторой преимущественной комбинации параметров. На это указал уже первый просмотр диаграмм на экране дисплея. Для их выделения вначале исходные диаграммы замывали, чтобы сгладить случайные флуктуации и тем самым сделать границы кластеров более плавными, а затем на диаграммах определяли области отрицательного лапласиана (возвышенности «рельефа» диаграмм). Линии нулевого лапласиана мы считали границами кластеров (отметим, что существуют и другие способы выделения на диаграммах кластерных областей [12]). Наиболее крупные изолированные кластеры перекодировались и далее использовались для построения карты типов поверхности, соответствующих этим кластерам (рис. 5). На этом рисунке штриховка кластеров на диаграмме и на карте поверхности однотипная.

5. Слабость корреляции шероховатость — высота и практически полное отсутствие корреляции шероховатость — уклоны заставили нас применить более тонкий метод исследования диаграмм. Одним из факторов, способных замаскировать или даже полностью разрушить корреляцию исследуемых параметров, может быть различие в площадях участков поверхности, которым соответствует та или иная комбинация этих параметров. Поэтому диаграммы построены заново, при этом для каждого высотного уровня (диаграмма шероховатость — высота) и каждого значения уклонов (диаграмма шероховатость — уклоны) производилась нормировка статистических распределений на максимальное значение (рис. 6, а, в). Также построены диаграммы относительной распространенности высокой, средней и низкой шероховатостей на

каждом высотном уровне (рис. 6, б) и для каждого значения уклонов (рис. 6, г). Как видно из рис. 6, а, б прямая корреляция шероховатость — высота стала хорошо заметна. В случае взаимосвязи шероховатость — уклоны (рис. 6, в, г) появился намек на двузначную связь

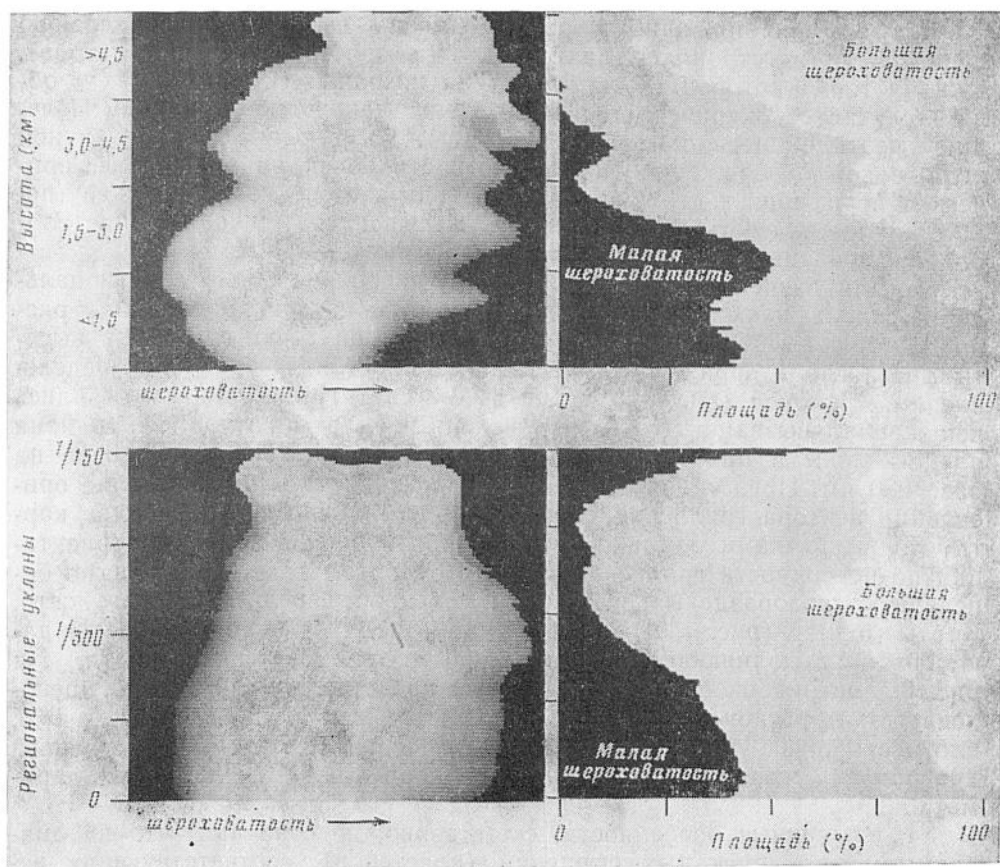


Рис. 6. Результаты дополнительных исследований корреляционных диаграмм района Бета: а — диаграмма шероховатость — высота. Статистическое распределение шероховатости на каждом высотном уровне (из 128) нормированы на максимум распределения; б — диаграмма относительной распространенности трех интервалов шероховатости в зависимости от высоты; в — диаграмма шероховатость — уклоны, построенная по тому же принципу, что и на рис. а; г — диаграмма относительной распространенности шероховатости в зависимости от уклонов

этих характеристик: при самых больших и самых малых уклонах шероховатость наименьшая. Можно предположить, что эта двузначность индуцируется почти очевидной двузначной зависимостью высоты и уклонов и прямой зависимостью шероховатости и высоты.

6. Проведенное исследование диаграммы шероховатость — высота позволяет уверенно говорить о существовании прямой корреляции параметров в изучаемом районе и использовать это обстоятельство при дальнейшем анализе и построении новых карт типов поверхности. Карта исследуемого района, полутоновые градации которой соответствуют разбиению диаграммы шероховатость — высота поперек линии регрессии, представлена на рис. 7, а. Эта карта представляет одновременно распределение высоты и шероховатости в том случае, если бы связь между ними была линейной функциональной. Карта на рис. 7, б соответствует разбиению диаграммы на полосы вдоль линии регрессии и отображает распределение факторов, нарушающих корреляцию шероховатость — высота. Двухпараметрическая карта, дающая огрубленное представление одновременно и об идеализированной зависимости ше-

роховатость — высота, и о факторах, нарушающих эту зависимость, представлена на рис. 7, *в*. Для сравнения на рис. 7, *г* приведен другой вариант двухпараметрической карты, представляющей одновременно распределение шероховатости и высоты (разбиение диаграммы линиями, параллельными осям координат).

Описание района Бета и анализ взаимосвязи высоты, региональных уклонов и шероховатости. На изображениях области Бета (рис. 2) хорошо видно наличие трех типов местности, ранее выделенных в [21]: холмистых равнин (1), на которых наложены низменные равнины (2) на северо-востоке области и многочисленные возвышенности (3), среди которых наиболее выражены горные массивы Бета и Феба. Основной геологический фон исследуемой области составляют холмистые равнины, считающиеся стабильными участками венерианской коры. Возвышенность Бета по совокупности признаков считается гигантским двойным щитовым вулканом. На геологическую молодость этого образования указывает его изостатическая нескомпенсированность (сильная положительная гравитационная аномалия) [18], а также геоморфологически незрелый ландшафт места посадки АМС «Венера-9» [2]. Возвышенность Феба, также, возможно, вулканической природы, соединяется с Бетой рифтоподобным каньоном Деваны. По-видимому, вся исследуемая область испытывала тектоно-вулканическую активизацию в обширной зоне меридионального направления, прослеживающейся в интервале широт -50° — -40° . С этим согласуется вид карт градиентов высот (рис. 4, *а*, *б*) и панорам на рис. 2. По шероховатости в декаметровом масштабе исследуемый район также имеет интересные особенности. Для него характерно изменчивое мозаичное распределение участков с разной шероховатостью. Сильно, умеренно и слабо шероховатые участки располагаются во всех основных типах геологических провинций Венеры. Большая зона повышенной шероховатости в виде широкой полосы распространяется в юго-западном направлении от возвышенности Бета через местности с меньшими высотами. Она хорошо заметна на рис. 7, *б*, как область, сильно отклоняющаяся от прямой зависимости шероховатости и высоты. Эта зона описана Мазурским [21] как одна из двух зон возможных тектонических нарушений глобальной протяженности, причем местами она не имеет выраженных особенностей в макрорельефе.

Из представленных в предыдущем разделе результатов следует, что в изучаемом районе корреляция высоты и шероховатости, хотя и слабая, определяется уверенно, а корреляция между региональными наклонными и шероховатостью практически отсутствует. Чтобы объяснить это, рассмотрим возможные причины, вызывающие изменения шероховатости поверхности в декаметровом масштабе.

Опираясь на известные особенности строения Земли, Луны, Марса, можно полагать, что в условиях Венеры вероятными факторами, контролирующими степень расчлененности поверхности на базе метры-декаметры являются тектонические движения, вулканические извержения, эоловые процессы (дефляция, аккумуляция) и склоновые процессы (оползни, обвалы). Какие же из этих факторов являются доминирующими? Склоновые процессы — явление вторичное, так как они разрабатывают перепад высот, созданный каким-либо иным процессом. Эоловые процессы в сочетании с химическим разрушением пород, обусловленным взаимодействием их с атмосферой, оказывают общее сглаживающее действие и можно предполагать, что его интенсивность зависит от высоты. Наряду с чисто экзогенными процессами в сглаживании поверхности Венеры можно предполагать и выпадение пепла. Возможно, что слоистый, пластинчатый характер горных пород, наиболее ярко проявившийся в месте посадки АМС «Венера-14», является выражением литифицированных пепловых отложений [11]. Естественно, что их влияние на шероховатость поверхности в масштабах метры — дека-

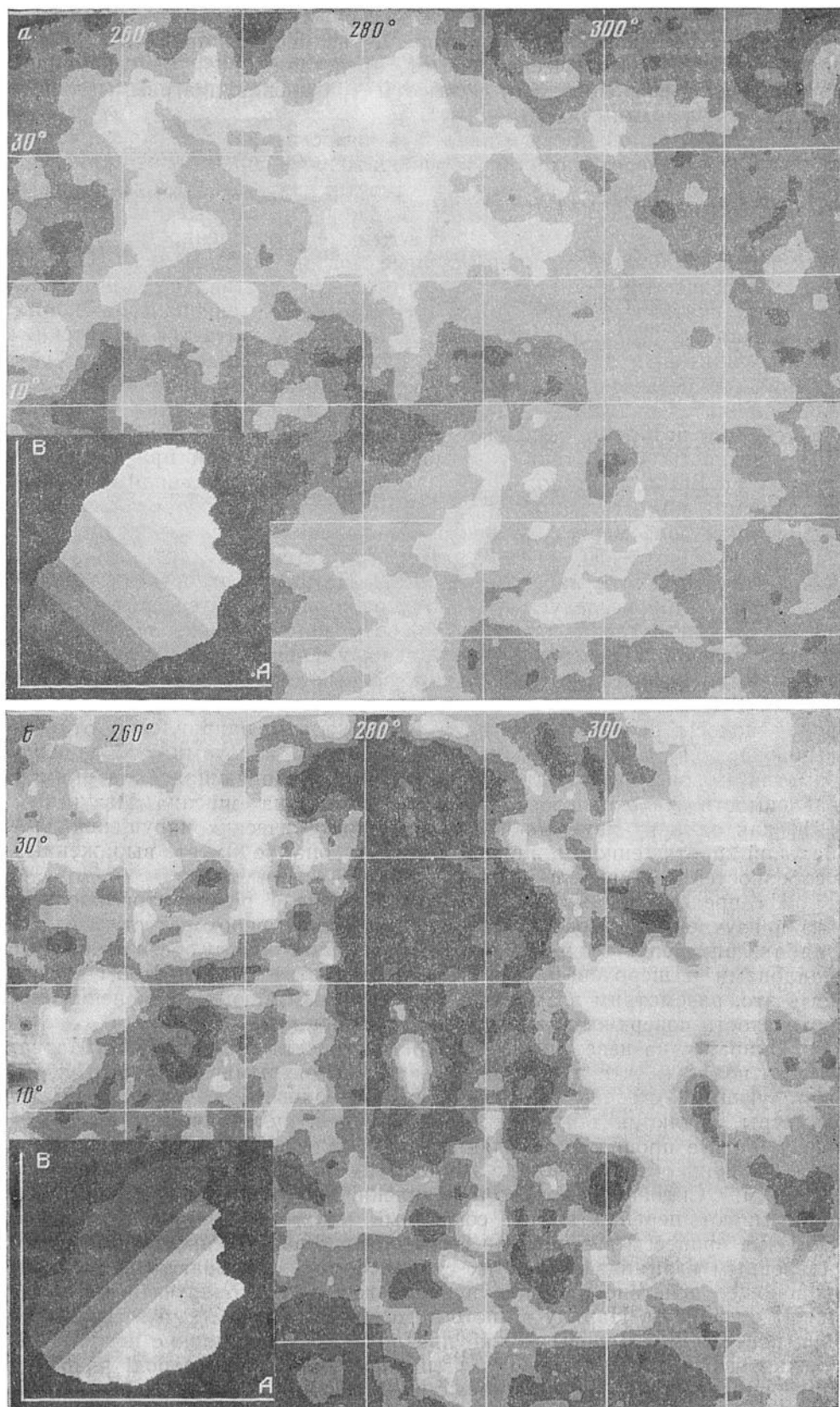
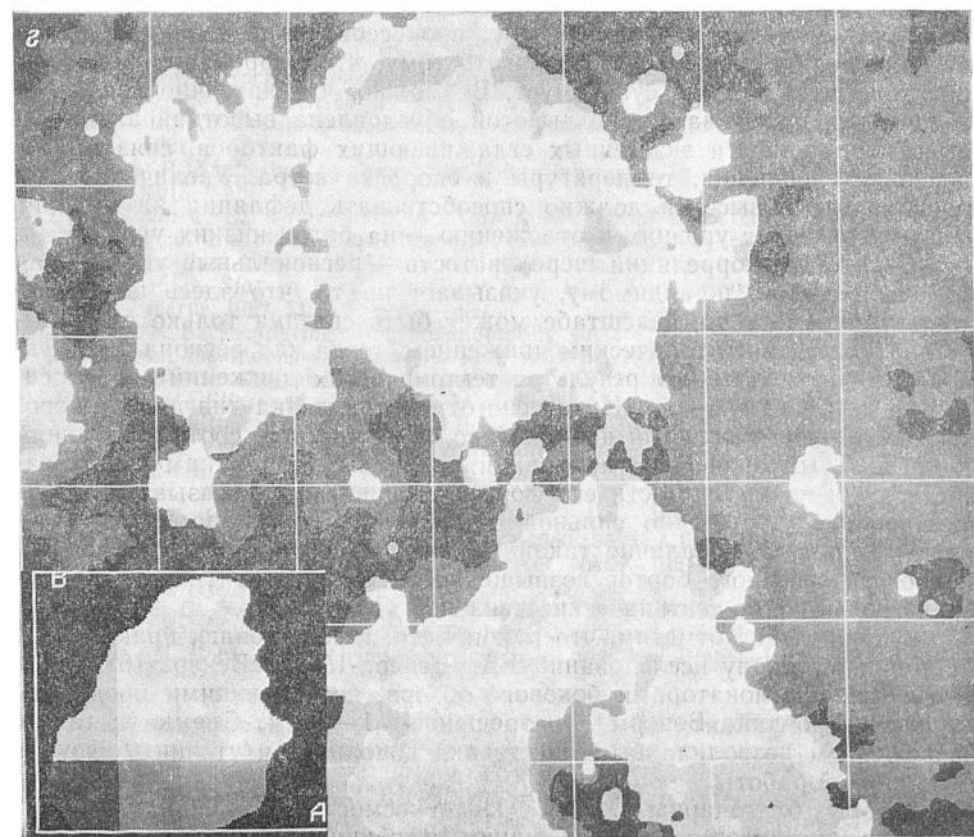


Рис. 7. Карты типов поверхности района Бета: *a* — расечение диаграммы шероховато параллельно линии регрессии; *б* — двухпараметрическая карта, представляющая два параметрическая карта, представляющая одновременно распределение высоты и шероховатости



сть (А) — высота (В) перпендикулярно линии регрессии; б — расщепление диаграммы предыдущих случая одновременно (расщепление диаграммы «конвертом»); з — двухплатности (расщепление диаграммы линиями, параллельными осям координат)

метры должно оцениваться с учетом эоловых процессов, способствующих аккумуляции пеплов в пониженных участках местности. Таким образом, остается сравнить интенсивность тектонических и эоловых процессов.

Относительно эоловых процессов можно сказать следующее. Для Венеры характерно преобладание ветров, дующих приблизительно с востока на запад [17]. В рассматриваемой области эти атмосферные течения должны обтекать возвышенности Бета и Феба, и если бы глобальные и региональные вариации шероховатости поверхности определялись в основном эоловыми процессами, то были бы отчетливо видны особенности шероховатости с наветренной или подветренной стороны. Анализ рис. 1, 2, 4, 5 и 7 убеждает, что распределение зон повышенной шероховатости в общем не подчиняется ветровому контролю. Имеется лишь одна широтноориентированная зона низкой шероховатости в седловине между возвышенностями Бета и Феба (она хорошо прослеживается на рис. 5, а и 7, а). Таким образом, естественно предполагать, что основными факторами, контролирующими региональные вариации рельефа в декаметровом масштабе в пределах рассматриваемой территории, являются тектоника и вулканизм. Следовательно, зоны повышенной шероховатости соответствуют зонам активных тектонических нарушений или свежим лавовым потокам с неровной поверхностью.

Разброс корреляции высота — шероховатость логично связать с тем, что тектонические и вулканические процессы активно проявляются как на высоких, так и на низких гипсометрических уровнях, т. е. в пределах изучаемого района, вероятно, развиты как процессы базальтового вулканизма щитового типа, так и площадные базальтовые излияния, приводящие к формированию равнин низменностей за счет древних холмистых равнин. С другой стороны, различные интенсивности тектонических и вулканических процессов на разных гипсометрических уровнях может способствовать тому, что корреляция высота — шероховатость все же существует. Возможно, что частично тенденция увеличения шероховатости с высотой обусловлена высотной зависимостью интенсивности экзогенных сглаживающих факторов, связанной с перепадом давления, температуры и скорости ветра. Увеличение скорости ветра с высотой должно способствовать дефляции на высоких гипсометрических уровнях и отложению — на более низких уровнях.

Отсутствие корреляции шероховатость — региональные уклоны для района в целом, по-видимому, указывает на то, что здесь шероховатость в декаметровом масштабе может быть связана только с относительно молодым тектоническим движением, тогда как региональные уклоны есть накопленный результат тектонических движений за относительно длительное время. Интересно отметить, что на диаграмме шероховатость — региональный наклон (рис. 5, б) кластер, соответствующий максимальным значениям наклона и умеренным величинам шероховатости, судя по вытянутости его формы и ориентации, указывает на существование достаточно сильной корреляции этих параметров. Как видно из рис. 5, б, наличие такой корреляции характерно для юго-западного и северного бортов возвышенности Бета. Вероятно, здесь проявляются молодые тектонические движения.

В заключение отметим, что район Бета, к сожалению, практически не попадает в зону исследований КА «Венера-15» и «Венера-16», которые оснащены локаторами бокового обзора, позволяющими проводить картографирование Венеры с разрешением 1—2 км. Съёмка с таким разрешением позволила бы существенно дополнить и уточнить результаты данной работы.

Авторы благодарны Совету «Интеркосмос» АН СССР и НАСА США за организацию обмена данными научных исследований Солнечной системы, что сделало возможным данную работу.

1. *Базилевский А. Т., Бобина Н. Н., Шашкина В. П. и др.* О геологических процессах на Венере: анализ связи высоты и степени шероховатости поверхности.— Вестн. АН СССР. Сер. геол., 1983, № 6, с. 54—65.
2. *Виноградов А. П., Флоренский К. П., Базилевский А. Т., Селиванов А. С.* Первые панорамы поверхности Венеры (предварительный анализ изображений).— Докл. АН СССР, 1976, 228, № 3, с. 570—572.
3. *Корниенко Ю. В., Станкевич Д. Г., Базилевский А. Т., Шкуратов Ю. Г.* Изображения рельефа Венеры по данным орбитальной радиолокации.— Докл. АН УССР. Сер. А, 1982, № 5, с. 85—86.
4. *Корниенко Ю. В., Шкуратов Ю. Г., Бычинский В. И., Станкевич Д. Г.* Взаимосвязь альbedo и поляризационных характеристик Луны. Применение цифровой обработки изображений.— Астрон. журн., 1982, 59, № 3, с. 571—577.
5. *Кротиков В. Д.* Некоторые электрические характеристики земных пород и их сравнение с характеристиками поверхностного слоя Луны.— Изв. ВУЗов. Радиофизика, 1962, 5, № 6, с. 1057—1061.
6. *Крупенио Н. Н.* Радиоисследования Луны и планет земной группы.— М., 1981.— 167 с.— (Итоги науки и техники. Сер. Астрономия; Т. 17).
7. *Станкевич Д. Г., Редькин С. П., Корниенко Ю. В. и др.* Визуализация данных радарной альтиметрии Венеры.— Космич. исслед., 1983, 22, вып. 1, с. 138—140.
8. *Усиков А. Я., Бабичев А. А., Егоров А. Д. и др.* Система цифровой обработки изображений.— Вестн. АН УССР, 1977, № 10, с. 47—58.
9. *Усиков А. Я., Корниенко Ю. В., Станкевич Д. Г. и др.* Проблема визуализации информации и цифровая обработка изображений.— Вестн. АН УССР, 1982, № 12, с. 69—78.
10. *Усиков А. Я., Корниенко Ю. В., Шкуратов Ю. Г. и др.* Анализ связи высоты и шероховатости поверхности на Венере по данным радиолокации с КА Пионер — Венера.— Докл. АН СССР, 1982, 264, № 3, с. 591—595.
11. *Флоренский К. П., Базилевский А. Т., Селиванов А. С.* Панорамы мест посадки «Венеры 13» и «Венеры 14» (предварительный анализ).— Астрон. вестн., 1982, 16, № 3, с. 131—138.
12. *Ярославский Л. П.* Введение в цифровую обработку изображений.— М.: Сов. радио, 1979.— 312 с.
13. *Basilevsky A. T., Bobina N. N., Shashkina V. P. et al.* On geological processes on Venus: analysis of the relationship between altitude and degree of surface roughness.— Moon and Planets, 1982, 27, N 1, p. 63—89.
14. *Basilevsky A. T., Kruchkov V. P., Shkuratov Yu. G. et al.* Correlation of Venus surface roughness with the terrain altitude and general slopes: new approach to analysis of Pioneer—Venus and Earth-based radar data.— In: Lunar and Planet. Sci. Conf. XIV (Abstracts). Houston: Lunar and Planet. Inst., 1983, p. 23—24.
15. *Basilevsky A. T., Florensky C. P., Pronin A. A. et al.* On geological processes on Venus.— In: An international conference on the Venus environment. California: Hyatt Riskey, 1981, p. 5.
16. *Beckman P.* Scattering by composite rough surface.— Proc. IEEE, 1965, 53, N 8, p. 1012—1015.
17. *Counselman C. C., Gourevich S. A., King R. W., Lorient G. B.* Zonal and meridional circulation of the lower atmosphere of Venus determined by radio interferometry.— J. Geophys. Res., 1980, 85, N A13, p. 8026—8030.
18. *Esposito P. B., Sjogren W. L., Mottinger N. A. et al.* Venus gravity: Analysis of Beta Regio.— Icarus, 1982, 51, N 2, p. 448—459.
19. *Hagfors T.* Backscattering from an undulating surface with applications to radar returns from the Moon.— J. Geophys. Res., 1964, 69, N 18, p. 3779—3784.
20. *Horn B.* Hill shading and the reflectance map.— Proc. IEEE, 1981, 69, N 1, p. 14—47.
21. *Masursky H., Eliason E., Ford P. G. et al.* Pioneer Venus radar results: geology from images and altimetry.— J. Geophys. Res., 1980, 85, N A13, p. 8232—8260.
22. *Masursky H.* Venus— tectonic and volcanism based on latest Pioneer Venus and Venera data.— In: Lunar and Planet. Sci. Conf. XIV (Abstracts). Houston: Lunar and Planet. Inst., 1983, p. 466—467.
23. *Pattengill G. H., Eliason E., Ford P. G. et al.* Pioneer Venus radar results: altimetry and surface properties.— J. Geophys. Res., 1980, 85, N A 13, p. 8260—8270.
24. *Shaded relief map of Venus.*— Massachusetts: NASA Ames Research Center; U. S. Geol. Surv., 1980.
25. *Stankevich D. G., Kornienko Yu. V., Shkuratov Yu. G., Basilevsky A. T.* Visualization of the Pioneer—Venus radar data for Ishtar Terra and Beta Regio.— In: Lunar and Planet. Sci. Conf. XIV (Abstracts), Houston: Lunar and Planet. Inst., 1983, p. 743—744.

Астрон. обсерватория
Харьков. ун-та им. А. М. Горького, Харьков
Ин-т геохимии

и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР,
Москва

Ин-т радиофизики и электроники АН УССР, Харьков

Поступила в редакцию 20.11.84,
после доработки 27.12.84