

## **ГИПСОМЕТРИЧЕСКАЯ КАРТА ВЕНЕРЫ: МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

До начала космических исследований, составление гипсометрических карт Венеры было невозможно, поскольку из-за очень плотной атмосферы планеты, ее поверхность была недоступна для изучения. Первая карта значительной части планеты (в пределах пояса широт от  $-65^{\circ}$  до  $75^{\circ}$ ) была создана в 1980 г. на основе радиолокационных снимков КА «Пионер-Венера» (США) с разрешением около 100 км [1].

Первые гипсометрические карты Венеры были составлены в СССР по данным космических аппаратов «Венера-15 и -16» (1983 – 1984 гг.), которые выполнили съемку более 30 % поверхности северного полушария (от полюса до 25 – 35 с.ш.) с разрешением до 1 км. На основе этих материалов в 1989 году был издан «Атлас поверхности Венеры», включающий различные карты Венеры, в том числе и гипсометрические в масштабе 1:10 000 000 [2], а в 1987 г. – гипсометрические карты Венеры в масштабе 1:5 000 000, составленные совместно Американской геологической службой (USGS) и российским Институтом геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского.

По данным КА «Пионер-Венера» и «Венера-15,-16» для изданного в 1992 г. «Атласа планет земной группы и их спутников» была составлена

гипсометрическая карта на всю поверхность Венеры (исключая южные области) в масштабе 1:75 000 000 [3].

Наиболее точные на сегодняшний момент гипсометрические карты Венеры составлены на основе данных радиолокационной съемки КА «Магеллан» (США) (1990 – 1994), который отснял 98% поверхности планеты с разрешением до 120 м. Это карты в масштабах 1:10 000 000 (на восьми листах) [4] и 1:50 000 000, изданные в 1997 г Американской геологической службой (USGS).

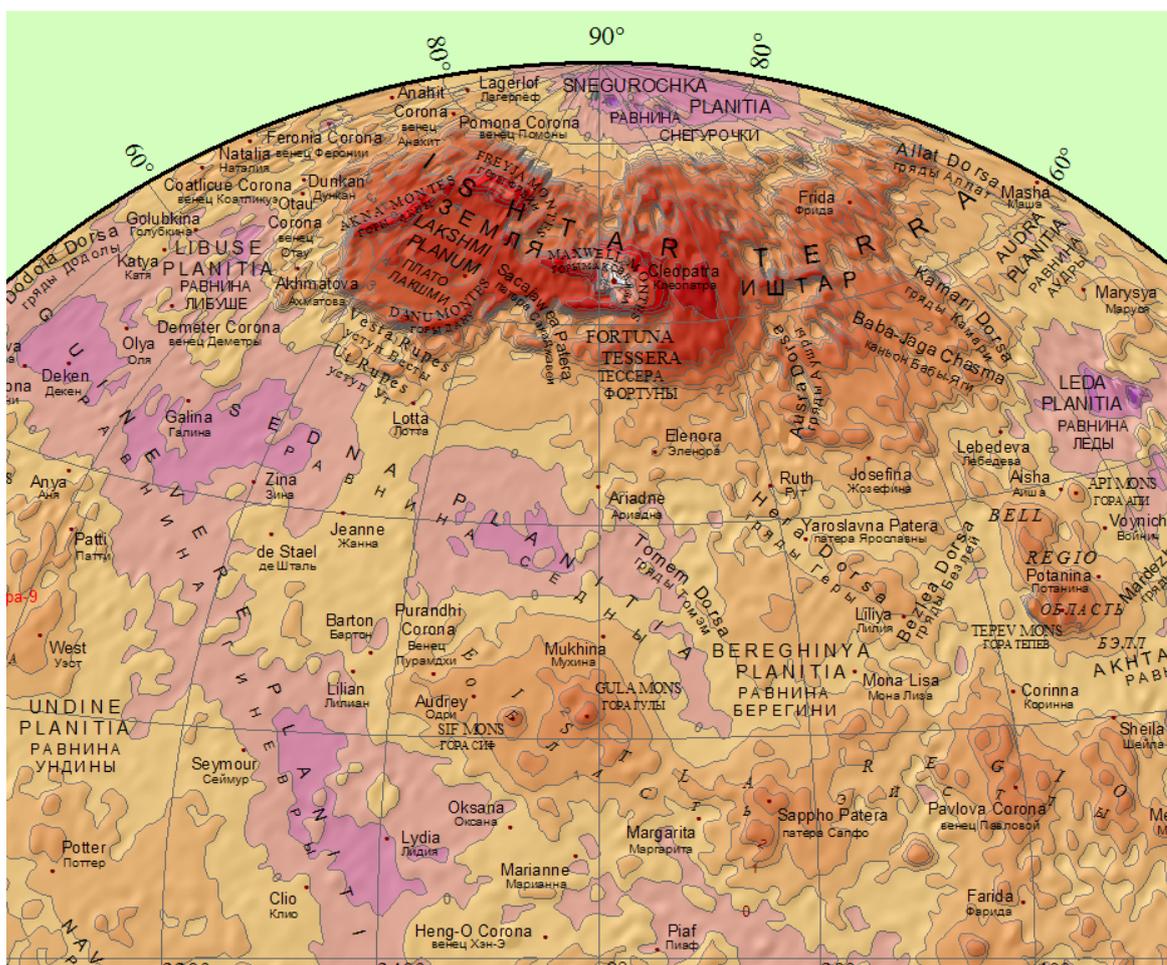


Рис.1 Гипсометрическая карта Венеры (фрагмент)

Созданная Е.Н. Лазаревым гипсометрическая карта полушарий Венеры в масштабе 1:45 000 000 под редакцией канд. физ.-мат. наук Ж.Ф. Родионовой имеет несколько особенностей. Это достаточно подробное для мелкомасштабной

карты изображение основных форм рельефа планеты, а также оригинальная шкала высот, отличающаяся высокой наглядностью, цветовая гамма которой разработана специально для этой планеты. Надписи наименований крупных форм рельефа показаны на латинском и русском языках. Обратную сторону карты отличают высокая степень информативности, большое количество сведений о планете и иллюстративного материала.

Карта была составлена по данным КА «Магеллан», представленным в виде базы данных, состоящей из трёх граф – широта, долгота и радиус. Количество исходных точек, предоставленных NASA, составляло 33 000 000 [5]. Изолинии проводились по точкам, отстоящим друг от друга на 1°. С этой целью была написана программа (на языке программирования C++), с помощью которой выполнялась автоматизированная выборка из исходной базы данных, в результате чего была получена база данных из 64800 точек, к каждой из которых была привязана информация о координатах и радиусе. Затем весь объем точек был поделен на два полушария (с центральными меридианами 0° и 180°).

Построение изолиний, а также работа на всех последующих этапах создания карты, производились с помощью программных продуктов ESRI ArcGIS 8.3. и Arc/INFO Workstation (генерализация контуров).

Гипсометрическая карта составлена в равновеликой азимутальной проекции Ламберта. В качестве референц-поверхности для Венеры принята сфера радиусом 6051,0 км.

Изолинии проводились методом сплайн-интерполяции, так как этот метод, обеспечивающий непрерывность высот, уклонов и кривизны, наиболее широко

применим в программах интерполяции поверхностей и при сглаживании изолиний [6]. Была разработана многоцветная шкала, осветляющаяся с высотой. Изолинии проводились через следующие интервалы: от ниже  $-2$  км до 4 км через 0,5 км, а от 4 км и выше через 1 км. Такие интервалы шкалы являются самыми распространёнными для карт Венеры. Разработанная шкала позволила выделить цветом основные высотные уровни Венеры: 1) наиболее низкие участки поверхности граница между отрицательными и положительными высотами, 2) равнины, 3) предгорья «материков» Венеры – Земель Иштар, Афродиты, а также другие возвышенности и 4) высочайшие горные массивы Венеры (горы Максвелла, Акны и Фрейи, а также гора Маат).

Затем была проведена генерализация контуров. При отборе контуров использовался ценз отбора – сохранить на карте контура площадью более 10 000 км<sup>2</sup> на местности или приблизительно более 5 мм<sup>2</sup> в масштабе карты. Координатная сетка меридианов и параллелей на карте проведена через 20°.

Названия на карту наносились на двух языках. Также, на карте показаны места посадок космических аппаратов и подписаны экстремальные значения высот некоторых характерных форм рельефа Венеры.

На обратной стороне Гипсометрической карты Венеры, находятся описание особенностей строения планеты, таблица с координатами и описанием отображенных и подписанных на карте форм рельефа [8,9], графики морфометрических исследований, фотографии участков поверхности Венеры и космических аппаратов, исследовавших планету. Также на обратной стороне находятся иллюстрации выдающихся произведений искусства с древнейших

времен до XX века, на которых изображена богиня Венера, и некоторые мифологические персонажи и исторические личности, имена которых дали названия различным формам рельефа планеты.

Созданная карта Венеры использовалась для проведения морфометрических исследований и выявления некоторых особенностей поверхности планеты. Подобные исследования проводились и ранее на основе радиолокационных альтиметрических данных с КА «Пионер-Венера» [10, 11]. Поскольку при создании карты полушарий Венеры использовались самые последние данные, выполненные в этой работе измерения и исследования поверхности, являются более точными.

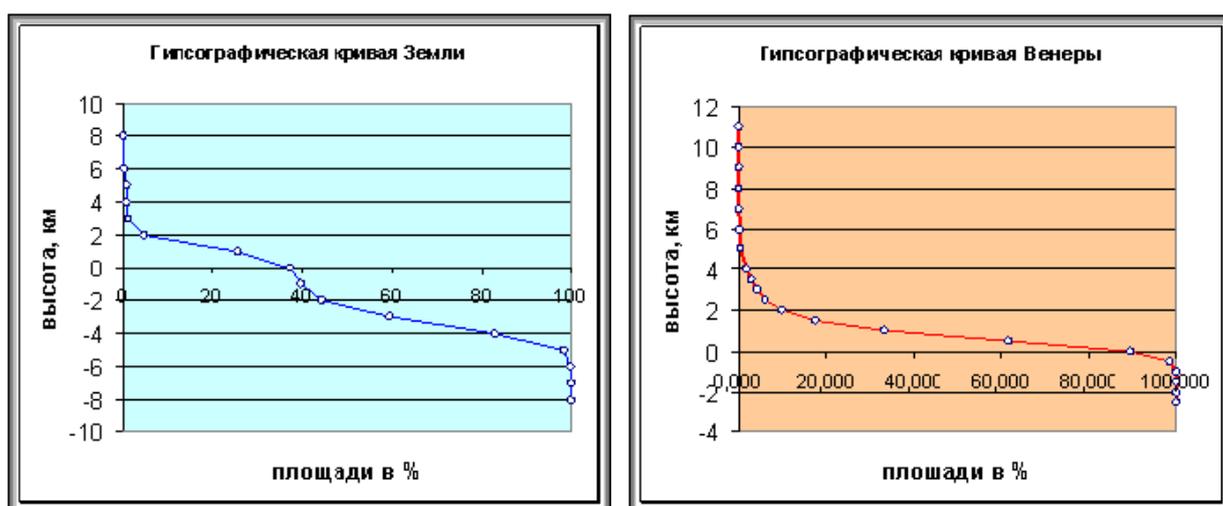


Рис.2 Гипсографические кривые Земли (слева) и Венеры (справа)

Для Венеры были построены гипсографическая кривая поверхности, кривая частоты встречаемости высот, графики распределения высотных уровней, профили вдоль меридианов  $0^{\circ}$  и  $180^{\circ}$ , вдоль экватора и гор Максвелла. Были подсчитаны площади крупнейших форм рельефа и проведено сравнение полученных морфометрических характеристик с Землей (рис.2).

Анализируя проведенную работу, можно выделить несколько аспектов. Были получены самые точные и современные на сегодняшний момент данные о рельефе поверхности Венеры, проведена большая работа по их поиску и способам интерпретации. Также была разработана методика автоматизированного создания карты, гипсометрическая шкала, типы шрифтов для карты полушарий. Были проведены исследования поверхности планеты (построены гипсографические кривые, кривые распределения высот, диаграммы, высотные профили); измерены площади характерных форм рельефа Венеры. Промежуточные итоги работы были представлены на международных конференциях (InterCarto, Vernadsky-Brown MicroSymposiums и др.), что позволило наладить связь с зарубежными специалистами в области картографирования исследования планет Солнечной системы. Прделанная работа позволяет надеяться на издательское тиражирование карты и ее поступление в продажу, поскольку гипсометрическая карта полушарий Венеры может найти широкое применение в качестве наглядного пособия для учащихся и студентов, при разработке методики создания гипсометрических карт планет и в дальнейших научных исследованиях.

### **Литература:**

- [1] Атлас планет земной группы и их спутников. М.: изд. МИИГАиК, 1992. [3]
- [2] Атлас поверхности Венеры. М.: изд. ГУГК при СМ СССР, 1989. [2]
- [3] Бурба Г.А. Номенклатура деталей рельефа Венеры. М.: Наука, 1988. 64 с. [9]
- [4] Лурье И.К. Основы геоинформационного картографирования. – М.: Изд. МГУ, 2000. 143 с. [6]

- [5] Родионова Ж.Ф. Гипсометрические особенности Венеры. //Астрономический вестник; Т. 18, № 2, 1984. С. 117-127. [10]
- [6] Родионова Ж.Ф., Дехтярева К.И. Гипсометрические особенности Луны и планет земной группы. //Проблемы комплексного исследования Луны. М.: Изд. МГУ, 1986. С. 56-71. [11]
- [7] Atlas of Venus 1:10 000 000, series V 10M 30/0 CMRN, prepared on behalf of the NASA Planetary Geology and Geophysics program and the Magellan Project Office of the Jet Propulsion Laboratory, edited by Derrick Hirsch; cartography by Roger D. Carroll and Darlene A. Casebier. Maps: Radar image and shaded relief maps, Topographic maps, Altimetric radar image maps, 1998. [4]
- [8] Ford P.G. ARCDRLST - a program to list Magellan altimetry and radiometry composite Data Records. //Center for Space Research Massachusetts Institute of Technology, Version 2.2, 1992. [5]
- [9] Masursky H., Eliasson E., Ford P.G. et al. Pioneer Venus Radar Results: Geology from images and Altimetry. //J. Geophys. Res., v. 85, № A13, 1980. P. 8232-8260. [12]
- [10] Pettengil G.H., Eliasson E., Ford P.G. et al. Pioneer Venus Radar Results: Altimetry and Surface Properties. //J. Geophys. Res; v. 85, № A13, 1980. P. 8261-8270. [1]
- [11] [www.planetarynames.wr.usgs.gov](http://www.planetarynames.wr.usgs.gov) [8]