

## **Радиолокационный комплекс MARSIS в проекте «MARS-EXPRESS»: исследование ионосферы**

О.В.Юшкова, В.М.Смирнов, Л.П.Исаева, И.Н.Кибардина

*Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН, Фрязинская часть*  
[o.v.y@mail.ru](mailto:o.v.y@mail.ru)

*В работе обсуждаются возможности радара MARSIS (миссия 'Mars-Express') для исследования ионосферы Марса в режимах активной ионосферной локации и подповерхностного зондирования.*

*The resources of the radar MARSIS (mission 'Mars-Express') for research on the Mars ionosphere in modes of Active Ionospheric Sounder and Subsurface Sounder are discussed.*

В декабре 2003 г. Европейское космическое агентство вывело на орбиту Марса КА 'Mars-Express' (ЕКА). Параметры базовой орбиты аппарата: наклон  $86^\circ$ , высота в перигеуме 275 км и 10100 км в апоцентре, период 6.75 час.

Для исследования грунта и ионосферы Марса на орбитальном аппарате установлен радиолокационный радар MARSIS (**Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionosphere Sounding**), созданный командой итальянских и американских исследователей. MARSIS может работать в режиме **SS** (**S**ubsurface **S**ounder) и в режиме **AIS** (**A**ctive **I**onospheric **S**ounder).

В режиме **AIS** радар MARSIS работает как ионозонд на высотах ниже 1200 км и предназначен для исследования ионосферы Марса. Для зондирования используются импульсы длительностью 91,4 мс. Пошагово излучаются 160 частот от 0,1 МГц до 5,5 МГц с дискретным шагом по частоте 10,937 кГц. Время, необходимое для реализации полной частотной развертки, составляет 1,23 сек, что обеспечивает точность вертикального разрешения 15 км, пространственный шаг дискретизации 30 км. Экспериментальный материал, обрабатывается по методикам, апробированным в земных условиях, и представляется в виде ионограмм.

Режим **SS** предназначен для исследования поверхности и приповерхностного слоя грунта. Если ионозонды успешно работают в земных условиях и методики интерпретации их измерений разработаны, то приборы с параметрами, аналогичными параметрам радара MARSIS в режиме **SS** на искусственные спутники Земли не устанавливались, поскольку считается, что сильное поглощение радиоволн влажосодержащей средой не позволит провести подповерхностное зондирование грунта Земли. Таким образом, данный эксперимент интересен как с практической точки зрения, так и с фундаментальной.

MARSIS в режиме **SS** излучает ЛЧМ сигналы (сигнал имеет постоянную амплитуду при линейно меняющейся частоте). Девиация каждого сигнала - 1 МГц, длительность - 250 мкс, центральные частоты - 1.8 МГц, 4.0 МГц, 3.0 МГц и 5.0 МГц. Во время эксперимента попеременно могут излучаться по два сигнала. MARSIS способен проводить локальные измерения практически для всех зенитных углов Солнца с высоты от 270 до 1200 км. Но при стандартной циклограмме в режиме **SS** радар включается при зенитных углах Солнца выше 80 градусов. В эти часы, согласно данным радиозатменных методов и результатам исследования ионосферы Марса в режиме **AIS**, критическая частота ионосферы меняется от 2.3 МГц при 80 градусах до 0.7 МГц при 120 градусах. Это значит, что в измерениях MARSIS в режиме **SS** существует информация об отражении самого низкочастотного сигнала (центральная частота 1,8 МГц) и от ионосферы, и от грунта, а при удачном стечении обстоятельств

есть сигналы, часть которых отражается от ионосферы, а часть от грунта. В этом случае MARSIS и в режиме SS работает как ионозонд высокого частотного разрешения. По таким данным можно установить критическую частоту ионосферы, высоту ее максимума, наличие слоев с несколькими максимумами, оценить линейные размеры ее неоднородностей. В докладе будут рассмотрены результаты обработки измерений, проведен сравнительный анализ данных численного моделирования и измерений MARSIS.

*Работа выполнена при частичной поддержке Программа №22 фундаментальных исследований Президиума РАН «Фундаментальные проблемы исследований и освоения Солнечной системы».*