

Радиолокационный комплекс РЛК – Л в проекте «ЛУНА-ГЛОБ»: частотно-амплитудные изменения спектра сигнала при отражении от шероховатой поверхности.

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

В работе представлены технические характеристики многофункционального радиолокационного комплекса РЛК-Л, разрабатываемого в рамках российского проекта освоения Луны и окололунного пространства «Луна - Глоб». Обсуждаются методика и результаты численного моделирования отражения сигнала радара от неоднородной шероховатой поверхности Луны.

The technical characteristics of radiolocation complex РЛК-Л for Moon exploration are presented. The method and the results of numerical model in of radar reflections from rough surface of the Moon are discussed.

В 2007г. было объявлено о старте российской программы освоения Луны и окололунного пространства «Луна-Глоб». Одна из задач этой программы – исследование приповерхностного слоя Луны. Один из возможных методов - радиолокационное зондирование, причем предпочтительным является зондирование грунта с борта космического аппарата (КА), так как оно, по сравнению с радиозондированием с поверхности, позволяет проведение быстрого и глобального обследования космического тела. Для проведения радиолокационных экспериментов на орбитальный модуль КА «Луна-Глоб», который будет в течение 1 года находиться на полярной орбите высотой 100 – 50 км над поверхностью, планируется установить радарный комплекс РЛК-Л(комплекс состоит из двух радаров:Радара-20 и Радара-200).

Основные задачи этого эксперимента:

- ◆ оценка величины диэлектрической проницаемости лунного грунта;
- ◆ обнаружение и идентификация вкраплений крупных пород;
- ◆ локализация мест аккумуляирования грунта с повышенной проводимостью;
- ◆ исследование крупномасштабной структуры шероховатости планеты.

Для локации будет использоваться сигнал с линейно-частотной модуляцией (ЛЧМ), длительность сигнала для высоты 100 км - 250мкс. Зондирование в диапазоне от 17,5 до 22,5 МГц (Радар 20) позволит определить структуру слоев грунта Луны до глубин в несколько километров. В диапазоне 175 - 225 МГц (Радар 200) предполагается исследовать неоднородности поверхности и детализировать распределение электрофизических характеристик верхних грунтов. Для получения одномоментной съемки поверхности с разным пространственным разрешением функционирование Радара-20 и Радара-200 планируется организовать в единой циклограмме попеременно с минимально возможным временем переключения между ними.

Для обработки результатов зондирования, помимо традиционных способов, базирующихся на применении согласованной фильтрации, в настоящее время разрабатывается методика определения глубинного распределения диэлектрических характеристик грунта, основанная на применении методов функционального анализа. Так как данная задача относится к классу некорректно поставленных, при обработке результатов измерений и при их интерпретации требуется учет всех процессов, влияющих на изменение параметров сигнала.

Параметры отраженного радиолокационного сигнала, в первую очередь, зависят от высоты КА, типа сигнала, его длительности и частотного диапазона, от свойств

облучаемого грунта не только на поверхности: в отражении радиосигнала участвует слой значительной толщины, со всеми внутренними границами между диэлектрически-неоднородными породами.

Для того, чтобы решать задачу восстановления параметров грунта необходимо знать, как эти факторы влияют на параметры сигнала. Для этого было проведено моделирование процесса отражения сигнала низкочастотного диапазона РЛК-Л. При расчетах в данной работе использовалась тестовая 3-D модель поверхности Луны. Поверхность рассматривалась как совокупность отражающих элементов. Считалось, что для каждого элемента выполняется закон Ламберта в сочетании с законом зеркального отражения при вертикальном падении радиоволн.

Отраженный сигнал рассчитывался как сумма парциальных сигналов, каждый из которых сдвинут на время, необходимое для распространения сигнала от КА до центра соответствующего отражающего элемента и обратно.

Так как время задержки между вертикально отраженным сигналом и сигналами, пришедшими от боковых отражателей, мало по сравнению с длительностью излученного сигнала, отделить начало и конец этих быстроосциллирующих сигналов во временной области практически невозможно. Результаты моделирования показали, что анализ спектра отраженного сигнала в частотной области более информативен, так как позволяет идентифицировать и интерпретировать эффекты взаимодействия парциальных сигналов между собой.

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