

УДК 523.34-83

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ И СТРОЕНИЯ ГРУНТА ЛУНЫ МЕТОДАМИ ДИСТАНЦИОННОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**Сафронов В. В., Лаптев М. А., Лебедев А. В., Огурченков А. Н., Чернышев Б. В.**

*Специальное конструкторское бюро института радиотехники и электроники  
имени В. А. Котельникова Российской академии наук, Московская область, Фрязино  
vsafonov85@mail.ru, mak-laptev@yandex.ru, lyahov@sdbireras.ru, ruteki1@mail.ru,  
boriskvant2012@mail.ru*

Луна и окололунное космическое пространство занимают важное место в космических исследованиях. Луна является приоритетным объектом для исследований с помощью автоматических космических средств.

Существуют проекты, в которых Луна рассматривается как объект хозяйственной деятельности: с ней связан один из возможных путей решения проблем энергетического кризиса. Например, применение гелия-3 в термоядерном синтезе для будущей энергетики. Наиболее возможный метод исследования поверхности и подповерхностного слоя грунта Луны - радиолокационное зондирование [1].

В ходе проведения радиолокационных экспериментов по проекту "Луна-Ресурс" могут быть выполнены следующие задачи:

- исследование внутренней структуры грунта Луны;
- обнаружение и идентификация вкраплений крупных пород и пустот;
- оценка величины диэлектрической проницаемости лунного грунта и толщины слагающих его пород;
- локализация мест аккумуляции грунта с повышенной проводимостью, свидетельствующей о наличии в грунте повышенного содержания гелия;
- исследование крупномасштабной структуры шероховатости поверхности и подповерхности с целью дальнейшего выбора мест создания лунных баз;
- регистрация электромагнитного излучения в окололунном пространстве.

Для проведения радиолокационных экспериментов на борт перелётного модуля космического аппарата устанавливается многоцелевой радиофизический комплекс дистанционного зондирования «РЛК-Л», который состоит из двух радиолокаторов (Радар-20 и Радар-200) [2].

Комплекс «РЛК-Л» функционирует в трёх режимах локации:

- активной;
- бистатической (для этого используются сигналы, излучаемые мощным наземным передатчиком на несущей частоте Радара-20, при отключённом бортовом передатчике);
- пассивной (регистрация электромагнитного излучения в окололунном пространстве при отключённых передатчиках).

Анализ поверхности и подповерхностной структуры Луны проводится на основе информации, содержащейся в отражённых от поверхности и подповерхностных слоёв сигналах, по параметрам которых можно судить, как о координатах объекта отражения, так и его физических характеристиках (структуре, диэлектрических свойствах и – др.).

Зондирование в диапазоне от 17,5 до 22,5 МГц (Радар-20) позволит определить структуру слоёв грунта Луны до глубин в несколько километров. В диапазоне 175–225 МГц (Радар-200) предполагается исследовать неоднородности поверхности и

детализировать распределение диэлектрических характеристик верхних пластов на глубинах до десятка метров. На рис. 1 представлена схема радиолокационного зондирования Луны.

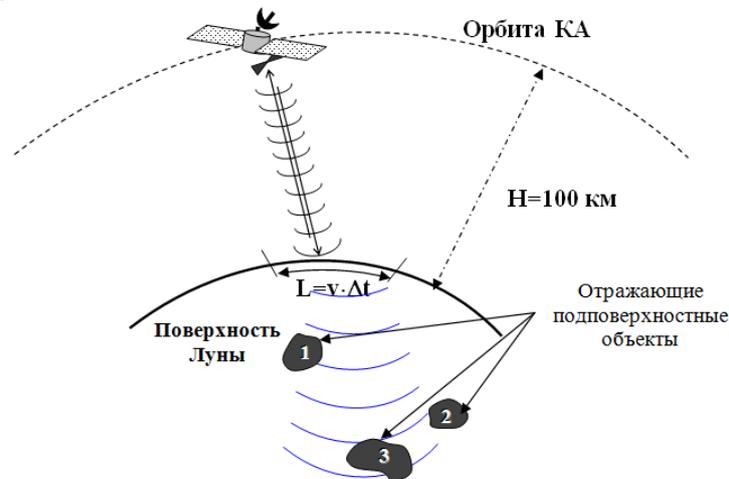


Рис. 1 – Схема радиолокационного зондирования Луны

Для получения одномоментной съёмки поверхности с разным пространственным разрешением функционирование Радара-20 и Радара-200 организовано в единой циклограмме [3] попеременно с минимально возможным временем переключения между ними.

В формировании отражённого сигнала участвует приповерхностный слой грунта значительной толщины, со всеми внутренними границами между неоднородными диэлектрическими средами, такими как реголит – базальт, лёд – грунт. За счёт интерференции волн, отражённых от поверхности и подповерхностной границы, спектр отражённого сигнала приобретает осциллирующий вид. Период и амплитуда осцилляций, положение минимумов и максимумов функции зависят от диэлектрической проницаемости сред и глубины границы между ними.

Опыт разработки, создания и эксплуатации радаров подповерхностного зондирования, как в земных, так и в космических исследованиях, показывает, что радиолокационное подповерхностное зондирование может быть эффективным инструментом, предназначенным для изучения внутренней структуры грунта и подстилающей поверхности, поиска и оценки состояния объектов, скрытых толщей лунного покрова.

Результаты эксперимента предполагается использовать для дальнейшего освоения Луны с целью организации межпланетной телерадиокommunikационной связи для будущих экспедиций, выбора посадочных мест космических аппаратов и возможности добычи лунных полезных ископаемых.

#### Библиографический список:

1. Смирнов В.М., Юшкова О.В., Марчук В.Н., Абрамов В.В., Кылинский Ю.Ф., Ляхов Ю.Н. Проект «Луна-Глоб»: радиолокационное зондирование грунта Луны // Радиотехника и электроника. 2013. Т. 58, № 9. С. 926-934
2. Смирнов В.М. Материалы для научной программы проведения эксперимента по зондированию поверхности и грунта Луны. (№ ФИРЭ/РЛК-Л/2011-1), 2011.
3. Арманд Н.А., Смирнов В.М., Марчук В.Н., Юшкова О.В., Абрамов В.В., Лифанцев Б.С. Радиолокационный комплекс РКЛ - Л в проекте «Луна-Глоб»: научные задачи и технические характеристики // III Всероссийская научная конференция «Сверхширокополосные сигналы в радиолокации, связи и акустике», 2010.