

ВТОРОЙ «ЛУННЫЙ КОРАБЛЬ» ПРОДОЛЖАЕТ ПОЛЕТ

Ананьева Владислава Игоревна,

Институт космических исследований РАН

DOI: 10.7868/50044394820060055

22 июля 2019 года к Луне стартовала автоматическая межпланетная станция «Чандраян-2» (*Chandrayaan-2*, Индийская организация космических исследований, ISRO), несущая, кроме орбитального аппарата, также посадочный модуль «Викрам» (*Vikram*) и небольшой луноход «Прагьян» (*Pragyan*). Запуск станции явился продолжением амбициозной лунной программы Индии, включающей разработку, изготовление и запуск трех национальных исследовательских миссий (первой была орбитальная АМС «Чандраян-1», работавшая в 2008–2009 гг.). В случае успеха Индия стала бы четвертой страной после СССР, США и Китая, которая смогла мягко посадить на поверхность Луны научно-исследовательскую станцию.

После ряда маневров на околоземной орбите 20 августа 2019 г. «Чандраян-2» вышел на резко эксцентричную окололунную орбиту, которую к 1 сентября удалось снизить до высоты 119 на 127 км над лунной поверхностью. 2 сентября от станции отделился спускаемый аппарат «Викрам» с луноходом «Прагьян». Вечером 6 сентября во время посадки на высоте всего 2.1 км с посадочным аппаратом была потеряна связь, позже выяснилось, что из-за ошибки в программном обеспечении «Викрам» совершил жесткую посадку и разбился.

Таким образом, основной цели миссии «Чандраян-2» достичь не удалось. Однако на орбите Луны остался полностью исправный орбитальный модуль с запасом топлива на семь лет работы. До настоящего момента он находится в хорошем техническом состоянии и продолжает получать научные данные.

Аппарат находится на полярной окололунной орбите с высотой 100 ± 25 км над поверхностью, периодически корректируя свое положение с помощью двигателей.



Орбитальный модуль «Чандраян-2»

Он запитан от солнечных батарей мощностью 1 кВт. Резервы аппарата – $3,2 \times 5,8 \times 2,2$ м (можно сравнить с небольшим загородным домом). Полная масса достигает 2379 кг, из них 1697 кг приходится на топливо.

На борту орбитального модуля «Чандраян-2» установлены восемь научных приборов:

1. Картографическая камера ТМС2 (*Terrain Mapping Camera 2*) для исследования лунной геологии и минералогии. Камера получает изображения лунной поверхности в лучах с длиной волны 0.5–0.8 мкм с разрешением 5 метров на пиксел. Как правило, один кадр представляет собой полосу шириной 20 км и длиной около 500 км. Съемка одной и той же местности в разных ракурсах

позволяет построить топографическую карту (фактически, 3D-модель) изучаемой области.

2. Широкоугольный спектрометр мягкого рентгеновского диапазона CLASS (Chandrayaan 2 Large Area Soft X-ray Spectrometer). Прибор создан для определения элементного состава лунной поверхности – он способен обнаруживать атомы магния, алюминия, кремния, кальция, титана, железа и натрия по их флуоресцентному рентгеновскому излучению, возбуждаемому жестким излучением Солнца.

3. Инструмент XSM (Solar X-ray Monitor) для мониторинга интенсивности жесткого солнечного излучения с энергией квантов 1–15 кэВ. Построение высококачественного солнечного спектра в мягком рентгеновском диапазоне необходимо для работы рентгеновского спектрографа CLASS.

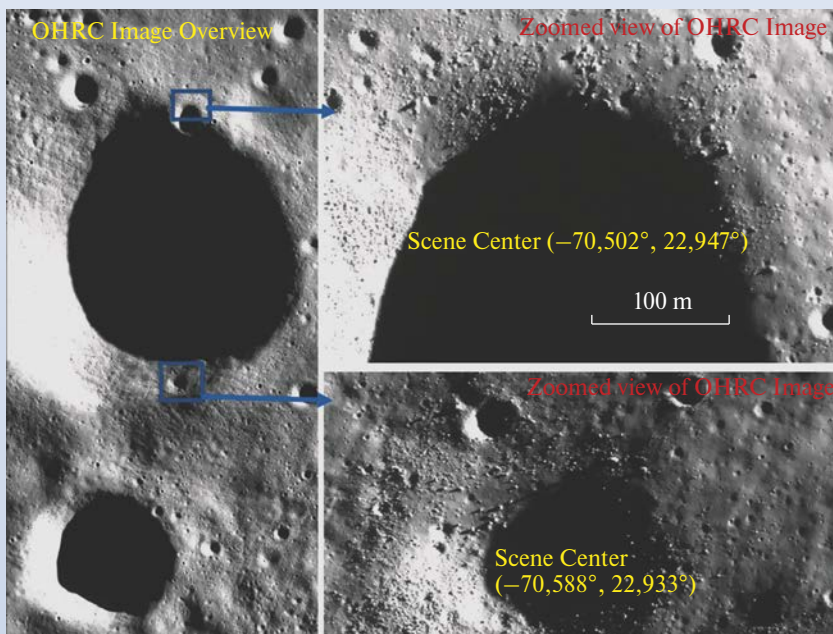
4. Камера высокого разрешения OHRC (Orbiter High Resolution Camera). Изначально она предназначалась для получения снимков высокого разрешения места посадки «Викрама». Разрешение камеры достигает 32 см на пиксел, но поле зрения маленькое (за два витка была охвачена площадь 12×3 км).

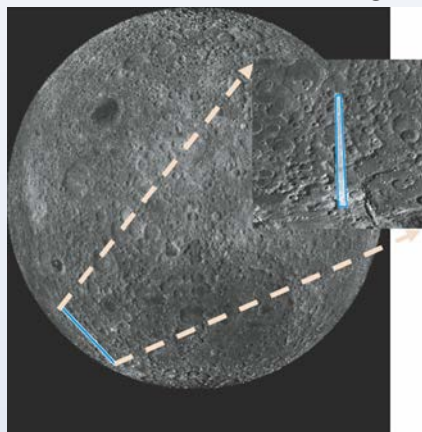
5. Картографический инфракрасный спектрометр IIRS (Imaging IR Spectrometer), чувствительный в диапазоне 0.8–5 мкм с пространственным разрешением 80 метров на пиксел. Предназначен для изучения минералогии лунной поверхности и конкретно для поиска гидратированных минералов и минералов, содержащих гидроксильные группы OH.

6. Апертурный радар S- и L-диапазонов DFSAR (Dual Frequency Synthetic Aperture Radar), чьей задачей является исследование структуры лунного грунта на глубине до 5 м и поиск водяного льда в вечно затененных кратерах.

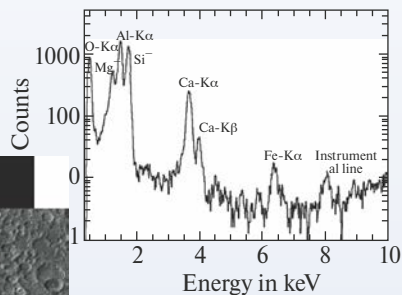
7. Нейтральный масс-спектрометр CHACE2 (Chandrayaan 2 Atmospheric Compositional Explorer 2) для изучения состава лунной экзосферы.

Один из снимков высокого разрешения, полученных камерой OHRC. На снимке видны сотни валунов поперечником от 1 до 50 метров, разбросанные рядом с кромками ударных кратеров





Courtesy: LROC Quickmap



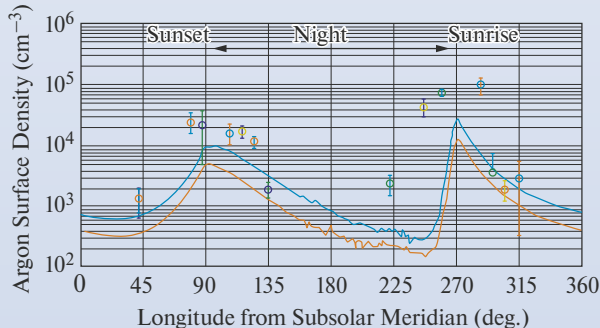
Пример флуоресцентного рентгеновского спектра материковой поверхности на обратной стороне Луны, полученного спектрометром CLASS во время вспышки на Солнце 29 мая 2020 г. Хорошо видны пики, соответствующие алюминию и кальцию, при этом линии железа слабы

8. Инструмент DFRS (Dual Frequency Radio Science) для измерения вариаций плотности электронов в лунной экзосфере.

Богатый набор инструментов «Чандраяна-2» позволяет исследовать не только поверхность Луны, но также ее подповерхностные слои и эфемерную атмосферу (экзосферу).

Первые десять месяцев на окололунной орбите прошли для «Чандраяна-2» очень плодотворно.

С 24 сентября 2019 г. по 20 июля 2020 г. камера TMC2 охватила съемкой около 4 млн км² лунной поверхности. В свою очередь, камера высокого разрешения OHRC получила подробные снимки возможных мест посадки будущих индийских лунных аппаратов.

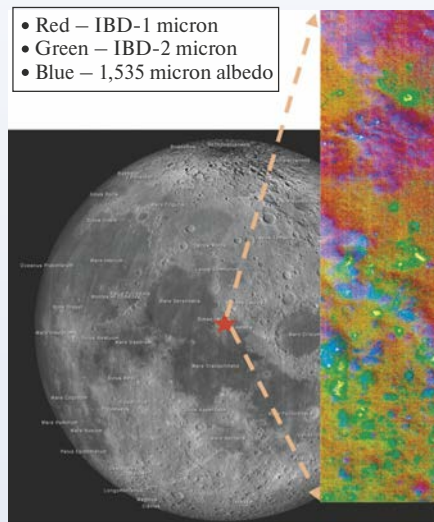


Вариации концентрации аргона в экзосфере Луны в зависимости от времени суток. Голубой и оранжевой линией показаны данные инструмента LACE на «Аполлоне-17», полученные за двое лунных суток, полыми кружками показаны измерения спектрометра CHACE2. По оси абсцисс отложена долгота подсолнечной точки. 90° соответствует закат, 270° – восход

Рентгеновский спектрометр CLASS получил флуоресцентные спектры древней горной поверхности на обратной стороне Луны. Они показали обилие кальция и алюминия при низком содержании железа и магния. Это говорит о явном отличии материковых горных пород от пород лунных морей, доставленных на Землю американскими астронавтами.

Радарные изображения кратеров вблизи южного полюса Луны, часть из которых погружена

Карта (в искусственных цветах) участка переходной зоны между Морем Спокойствия и материковыми породами. Синему цвету соответствует отражательная способность горных пород в лучах с длиной волны 1,535 мкм, зеленому цвету – в лучах с длиной волны 2 мкм и красному цвету – 1 мкм. Темным минералам лунных морей на этой карте соответствуют зеленые, желтые и оранжевые оттенки, а зрелым материковым породам (плагиоклазам и пироксенам) – синие и пурпурные



Courtesy: LROC

в вечную тень, показали вариации диэлектрической проницаемости грунта и шероховатости поверхности, которые могут быть связаны с реголитом, содержащим водяной лед.

Масс-спектрометр CHACE2 измерил вариации содержания аргона в лунной экзосфере на высоте 100 км над поверхностью. ^{40}Ar образуется в недрах Луны благодаря радиоактивному распаду изотопа калия ^{40}K , а затем по трещинам и разломам просачивается к поверхности. Во время двухнедельной лунной ночи грунт остывает настолько, что аргон конденсируется в порах грунта, а с восходом солнца сублимирует, и его концентрация в окололунном пространстве возрастает на полтора порядка. Наибольшая концентрация аргона (до 10^5 атомов в см^3) достигается на рассвете, днем она падает из-за улетучивания атомов в космос, на закате снова возрастает, а ночью падает из-за низких температур. Аналогичные колебания концентрации аргона были измерены инструментом LACE во время полета «Аполлона-17» в 1972 г.

Инфракрасный спектрометр IIRS проводит съемку лунной поверхности в нескольких полосах ближнего инфракрасного диапазона от 0.8 до 5 мкм. Наложение снимков, полученных в лучах с разными длинами волн, позволяет определять минеральный состав лунной поверхности. Создание подробной минералогической карты Луны – одна из важнейших целей «Чандраяна-2».

К сожалению, Индийское космическое агентство не слишком балует подробным освещением работы «Чандраяна-2» – последнее сообщение о нем было опубликовано 20 августа. Однако к концу 2020 года ISRO планирует выпустить официальный пресс-релиз по итогам первого года полета после проверки полученных данных экспертным советом. Нет сомнений, что второй «Лунный корабль» еще порадует нас множеством красивых открытий.

По материалам Индийской организации научных исследований (ISRO),
Indian Today, статья *Wikipedia*.
 Изображения ISRO