

К. П. ФЛОРЕНСКИЙ, А. А. ГУРШТЕЙН, А. Т. БАЗИЛЕВСКИЙ, В. В. ЗАСЕЦКИЙ
**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ГЕОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
РАЙОНА ПОСАДКИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «ЛУНА-17»**

(Представлено академиком А. И. Виноградовым 12 I 1971)

Автоматическая станция «Луна-17» совершила 17 ноября 1970 г. посадку в западной прибрежной части Mare Imbrium примерно в 50 км к югу от Promontorium Heraclides. Координаты места посадки: $35^{\circ}00'$ западной долготы и $38^{\circ}17'$ северной широты (¹). Западная часть Mare Imbrium представляет полого-волнистую равнину, на которой выделяется субмеридиональная система пологих грядообразных возвышенностей с относительными высотами до 200—400 м; это подтверждается и данными, полученными высотомерной аппаратурой космического аппарата (КА) «Луна-17» на этапе спуска и торможения.

Обширная равнина Mare Imbrium заполнена образованиями, которые послужили стратотипом для выделения имбрийской системы в геохронологической шкале Луны (²). Кроме того, здесь отмечаются формации эратосфенского и коперниковского возрастов.

Телескопические кратеры в окрестностях района посадки имеют эратосфенский или коперниковский возраст (³). Эратосфенские, так же как и имбрийские образования являются, по-видимому, переработанными экзогенными факторами покровами базальтоидных лав. Коперниковские образования представлены лучевыми системами.

Район посадки с учетом возможной дисперсии за счет ошибок системы селенографических координат и баллистического прогноза целиком находится в зоне развития верхнеимбрийских образований. Они отличаются относительно ровной поверхностью с альбедо от 0,080 до 0,089. Цвет их характеризуется наличием слабо выраженного голубоватого оттенка (⁴).

Анализ полученных фототелевизионных и телевизионных изображений местности и параметров последующего движения «Лунохода-1» показал, что КА «Луна-17» совершил посадку на внутреннем склоне кратерообразной котловины поперечником порядка 150—200 м (рис. 1). Станция прилунилась в западной части котловины примерно на середине внутреннего склона. Невысокая степень морфологической выраженности элементов кратерной котловины и пологий характер ее внутренних склонов ($5-7^{\circ}$) позволяют отнести этот кратер к древним сглаженным формам класса C, по классификации Института космических исследований АН СССР (^{4, 5}), отношение глубины к диаметру у такого кратера приближается к $1/25$.

Сразу после посадки, когда «Луноход-1» еще находился на посадочной ступени, были получены панорамы окружающей местности. Высота Солнца над горизонтом была близка к 50° , что значительно осложняло дешифрирование пологих слабо выраженных элементов рельефа. В то же время такая высота Солнца благоприятна для изучения распределения камней на поверхности и визуальной оценки свойств грунта.

В западном секторе панорам на большой протяженности была отдешифрирована бровка котловины, внутри которой была совершена посадка. На рис. 1 эта часть бровки отмечена двойной линией. Восточная часть бровки на панорамах не просматривается, но в этом направлении отмечено изменение освещенности вследствие, вероятно, перегиба местности.

Среди характерных деталей поверхности примерно в 15 м к западу от точки посадки находится бровка кратера кр-1 около 20 м в поперечнике. По степени морфологической выраженности этот кратер следует отнести к классу *B* или промежуточному классу *BC*. Уклоны внутри подобных кратеров, как правило, не превышают 15—20°. Вокруг кратера расположено поле камней шириной около половины диаметра кратера, камни мелкие, редко достигают 15—20 см в поперечнике и относительно далеко отстоят

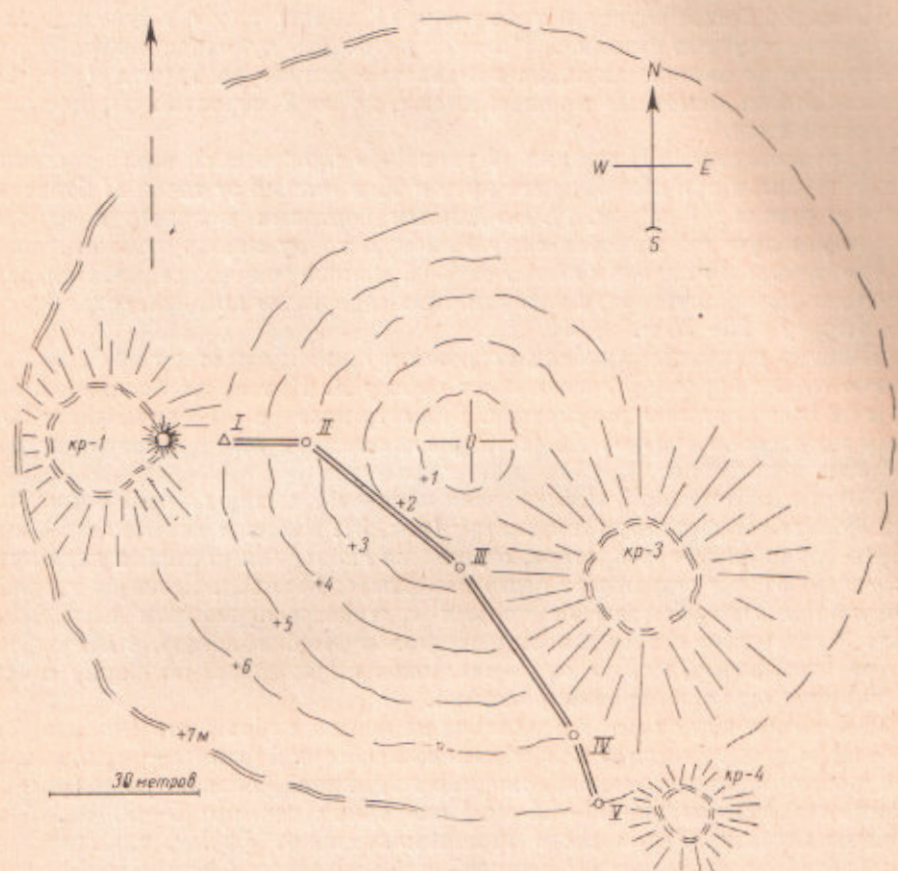


Рис. 1. Морфологическая схема района посадки космического аппарата «Луна-17»

друг от друга. С удалением от кратера в межкратерном пространстве плотность распределения камней уменьшается примерно на порядок.

Кратер кр-1 имеет слабо выраженный вал. На ближайшей к месту посадки внешней части этого вала находится четко выраженный трехметровый кратер кр-2 морфологического класса *B*.

На поверхности, примыкающей к посадочной платформе с запада, видны следы раздувания грунта струей двигателя (рис. 2а). В узких, радиально расходящихся от посадочной платформы зонах, верхний более светлый слой грунта удален и виден более темный материал. Ширина этих зон от 1—2 до 20—30 см, длина до 1—2 м.

Посадка внутри кратерной котловины привела к значительному ограничению видимости дальних объектов. Лишь в северном направлении, показанном на рис. 1 прерывистой стрелкой, видны контуры возвышенности со сложным зубчатым профилем, которая находится на значительном удалении от места посадки (рис. 2б).

В первом сеансе движения «Луноход-1» спустился с посадочной платформы по восточному трапу и продвинулся в восточном направлении на

20 м (из точки I на рис. 1 в точку II). Движение происходило вниз по склону крутизной 5—6°. Это привело к дальнейшему ограничению видимости и контуры возвышенности с зубчатым профилем на последующих панорамах, сделанных в первый лунный день, не просматривались. В последующем указанная возвышенность наблюдалась на панорамах второго лунного дня, полученных после выхода «Лунохода-1» на ровное междократерное пространство.

На панорамах, полученных из точки II, видны следы «Лунохода-1» и посадочная ступень станции. В местах разворота лунохода колеса сгребали грунт, и на панорамах видна комковатая структура грунта (рис. 2в). Мелкие камни, заметные в колесе, имеют, по всей вероятности, лунное происхождение.

Во втором сеансе движения «Луноход-1» продвигался в юго-восточном направлении, и при общей длине пути в 96 м отошел от точки II более чем на 50 м (точка III на рис. 1). По данным бортовых датчиков в середине этого пути луноход миновал самую низкую точку маршрута, которая по предварительным оценкам лежит на 2—3 м ниже точки посадки. Центральная часть днища кратера, в котором была совершена посадка, осталась слева по курсу в 20—30 м.

В конце движения луноход подошел к свежему кратеру кр-3, который можно отнести к морфологическому классу А. Кратер расположен в 30—40 м от места остановки лунохода. Диаметр кратера кр-3 превышает 20 м. Судя по степени морфологической выраженности этого кратера, глубина его должна составлять примерно $\frac{1}{3}$ от диаметра.

Вокруг кратера кр-3 наблюдается обильный вывал камней остроугольной формы размерами до полуметра (рис. 3). Ширина поля камней примерно равна диаметру кратера, отдельные скопления камней в виде лучей протягиваются в стороны от этого каменистого кольца. Размеры камней в среднем заметно убывают от кромки кратера к периферии каменистого поля. Чаще всего камни имеют неправильную обломочную, в общем, изометричную форму, иногда они принимают пирамидальную форму с отношением высоты к поперечнику около 1.

В 4—5 м к югу от места остановки на кромке небольшого (диаметр около 4 м) кратера класса В лежит камень необычной формы — призма пяти- или шестигугольного сечения, лежащая на длинной боковой грани (рис. 3а). Длина призмы порядка 30—35 см. Поперечник сечения 5—10 см. Грани призмы плоские. Форма этого камня напоминает форму, типичную для столбчатой отдельности, характерной для некоторых базальтовых потоков.

В третьем сеансе движения луноход продвинулся далее в юго-восточном направлении еще на расстояние свыше 50 м. Место остановки (точка IV на рис. 1) располагается примерно на 1—2 м выше точки посадки станции. Затем луноход дважды передвинулся на небольшое расстояние и остановился вблизи от бровки того кратера, в котором совершил посадку КА «Луна-17», рядом с кратером кр-4 промежуточного класса АВ с диаметром около 15 м (точка V на рис. 1). Вокруг кратера кр-4 также имеется поле камней, но относительная ширина каменистого кольца (размер каменного поля по отношению к диаметру кратера) заметно меньше, чем у кратера кр-3. Размеры камней здесь также не превышают 0,5 м. Лишь один камень имеет в поперечнике около 1 м при высоте 30—40 см.

В 15—20 м к северо-западу от кратера кр-4 находится очень свежий кратер морфологического класса А диаметром около 4 м и глубиной около 1 м. Судя по характеру выбросов из этого кратера, он не выходит из пределов реголита.

К югу от места последней остановки лунохода при работе в первый лунный день на панорамах просматривается полого-волнистая поверхность, испещренная мелкими кратерами различных морфологических классов.

Таким образом, по общей морфологии, характеру реголита и распространенности кратеров и камней исследованный район Mare Imbrium близок

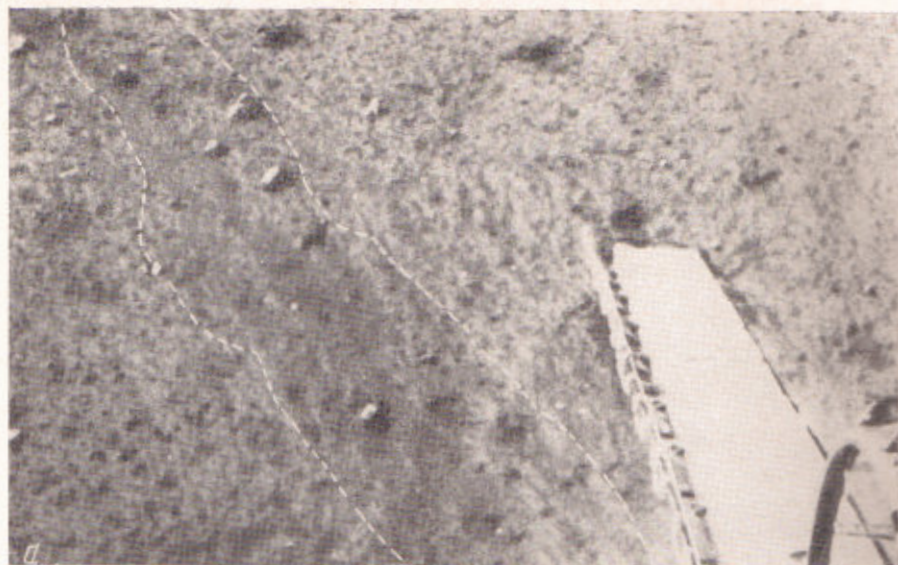


Рис. 2. Фрагменты лунных панорам с характерными деталями поверхности. *а* — следы раздувания грунта струей двигателя; *б* — контуры возвышенности со сложным зубчатым профилем, находящейся за линией горизонта; *в* — колея лунохода в месте поворота со следами ссыпавшихся с колес комочков грунта



Рис. 3. Поле камней, приуроченное к свежему кратеру кр-3 морфологического класса А с поперечником свыше 20 м. а — камень на крошке не-
большого кратера морфологического класса В, имеющий весьма необычную призматическую форму

к ранее изученным морским районам экваториальной зоны (⁶, ⁷); это указывает на общность в закономерностях формирования и эволюции микро-рельефа в морях экваториальной зоны и в Mare Imbrium.

Анализ данных, полученных «Луноходом-1», показывает, что относительная распространенность кратеров различных морфологических классов размерами от 1 до 20 м в районе посадки КА «Луна -17» близка к относительной распространенности более крупных кратерных форм в морях экваториальной зоны Луны и предложенная в (⁴, ⁵) классификация приложима к исследованию элементов микро-рельефа на панорамных изображениях.

Камни размерами в несколько сантиметров и десятков сантиметров, так же как и гораздо более крупные камни, приурочены преимущественно к кратерам, вскрывающим скальное основание; мощность слоя реголита в районе посадки, оцененная на этом основании, может находиться в пределах от 1 до 5 м.

Камни в выбросах из свежих кратеров классов A и AB в различных участках поверхности имеют значительные вариации формы (остроугольные неправильной формы, пирамидальные, уплощенные и призматические), возможно, из-за вариаций характера отдельностей пород скального основания; последнее обстоятельство можно, вероятно, связать с вариациями петрографического состава.

Камни округлой формы встречаются в основном вблизи зрелых кратеров, что можно интерпретировать как результат общего направления эволюции камней в зависимости от времени экспозиции на поверхности Луны под действием экзогенных факторов.

Авторы считают своим долгом выразить глубокую признательность всем товарищам, принимавшим участие в обеспечении успешного эксперимента с «Луноходом-1», благодаря работе которых стало возможным выполнение настоящего исследования.

Институт космических исследований
Академии наук СССР
Москва

Поступило
21 XII 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Сообщение ТАСС, Правда, 28 ноября 1970. ² E. M. Shoemaker, R. Hackman, Stratigraphic Basis for a Lunar Time Scale, In: The Moon (Intern. Astron. Union Moon Sympos., № 14, 1960), London — N. Y., 1962. ³ G. G. Schaber, Geologic Map of the Sinus Iridum Quadrangle of the Moon, Geologic Atlas of the Moon, Washington, 1969. ⁴ A. P. Vinogradov, Yu. A. Surkov, K. P. Florensky et al., Lunar Surface Explorations with Soviet Automatic Stations «Luna-9» and «Luna-13», доклад, представленный на Конференцию ООН по исследованию и мирному использованию космического пространства, 1968. ⁵ К. П. Флоренский и др., К проблеме строения поверхности лунных морей, Сборн. Луна и планеты, «Наука», 1971. ⁶ Первые панорамы лунной поверхности, «Наука», ч. I, 1966; ч. II, 1969. ⁷ Surveyor Project Final Report, Part II, Science Results, NASA TR 32-1265, Pasadena, California, 1968.