

УДК 523.34

АСТРОНОМИЯ

К. П. ФЛОРЕНСКИЙ, А. Т. БАЗИЛЕВСКИЙ, А. А. ГУРШТЕЙН,  
В. В. ЗАСЕЦКИЙ, А. А. ПРОНИН, В. П. ПОЛОСУХИН

ГЕОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
РАЙОНА РАБОТЫ «ЛУНОХОДА-2»

(Представлено академиком А. П. Виноградовым 24 IX 1973)

Автоматическая станция «Луна-21» доставила «Луноход-2» в южную часть древнего, затопленного лавами морского типа, кратера Лемонье. Координаты точки посадки:  $30^{\circ}27'$  в.д. и  $25^{\circ}51'$  с.ш. В отличие от научных задач «Лунохода-1» (<sup>1, 2</sup>), основной целью экспериментов на «Луноходе-2» было исследование зоны перехода от морских образований к горным материковым сооружениям. Район посадки лунохода и последующий маршрут его движения определялись конкретными научными задачами, подчиненными этой основной цели (рис. 1).

На основании анализа результатов наземных телескопических наблюдений района посадки и фотографических изображений, полученных с орбиты искусственных спутников Луны космическими аппаратами «Лунар Орбите́р» и космическими кораблями «Аполлон», в геологической истории рассматриваемого региона можно выделить следующие этапы:

1) Образование бассейна Моря Ясности и обрамляющих его отложений типа формации Фра-Мауро.

2) Образование субквадратных кратеров и депрессий с предпочтительной ориентировкой бортов северо-запад — северо-восток (Лемонье, Лемонье А, Шакорнак) и частичное заполнение их отложениями морского типа.

3) Образование кратера Посидоний (150 км к северу от района посадки, диаметр 100 км); перекрытие северной части района посадки выбросами из Посидония; формирование системы вторичных кратеров.

4) Образование системы тектонических разломов, ориентированных вдоль береговой линии Моря Ясности; разрушение западной части вала кратера Лемонье.

5) Излияния темных лав морского типа в восточной части Моря Ясности и в пределах кратера Лемонье; образование морских гряд; формирование на морской поверхности трещин субмеридионального простирания.

Большая часть маршрута лунохода приходится на полого-волнистую лавовую равнину морского типа, образование которой относится к пятому из перечисленных этапов, слабо переработанную с поверхности экзогенными процессами (рис. 2). Возраст морской поверхности — эрато-сфенский (<sup>3</sup>). Характерные формы рельефа здесь типичны для всех морских равнин: это кратеры попечником менее 1 км, морские гряды и борозды. Одна из борозд, расположенная в юго-восточной части кратера Лемонье, Борозда Прямая, явилась объектом специальных исследований. Простирание Борозды Прямой субмеридиональное, длина около 16 км при ширине 300—400 м и глубине более 50 м.

В районе исследований наблюдаются два типа перехода от морской поверхности к матерiku. К югу от точки посадки располагается холмисто-западинная слабоприподнятая равнина, которая, обладая рядом

свойств, характерных для морских поверхностей, в структурно-тектоническом и в геохимическом отношении<sup>(8)</sup> принадлежит уже к материко-вой зоне. Характер перехода от моря к материку здесь нечеткий. Граница между морскими и материиковыми комплексами маскируется плащом реголита. К юго-востоку от точки посадки в окрестностях морского залива, которому дано название Бухты Круглой, с морской поверхностью граничит кольцевой хребет реликта кратерного вала Лемонье, являюще-гося частью горно-материкового сооружения Тавр. Граница между мор-скими и материиковыми комплексами здесь очень четкая. Непосредствен-

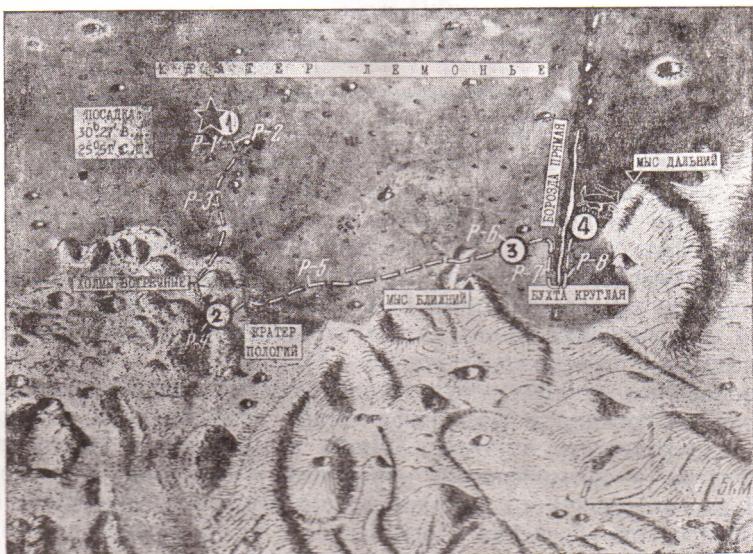


Рис. 1. Физиографическая карта-схема части кратера Лемонье с маршрутом «Лунохода-2». Буквой Р и порядковым номером обозна-чены места проведения химического анализа грунта в соответст-вии с<sup>(8)</sup>. Карту-схему составил Г. А. Бурба, проекция Меркатора

но в зоне перехода от морской поверхности к материиковому склону ча-сто наблюдается подсклоновый шлейф.

Геолого-морфологические наблюдения на «Луноходе-2» производи-лись по панорамным телевизионным изображениям на стоянках и по те-левизионным изображениям в процессе движения. Предварительные ре-зультаты этих наблюдений описываются раздельно для трех исследован-ных типов местности: морской поверхности, Борозды Прямой, холмисто-западинной местности.

1. Морская поверхность. В исследованной части днища кра-тера Лемонье микрорельеф поверхности типичен для морей. Основными формами его являются кратеры и связанные с ними камни.

Распространенность кратеров диаметром от 5 см до 5–10 м определя-лась по стереопанорамам; плотность кратеров этого интервала размеров близка к значениям, характерным для «равновесной» функции:

$$N_{>d} = 10^{10.9} D^{-2} / 10^6 \text{ км}^2 \quad (^4, ^5).$$

Кратеры, наблюдавшиеся на телевизионных изображениях, имеют преимущественно чашеобразную форму. Распространенность кратеров, относящихся к различным морфологическим классам, близка к таковой для района исследований «Лунохода-1» в Море Дождей<sup>(4, 5)</sup>: круто-

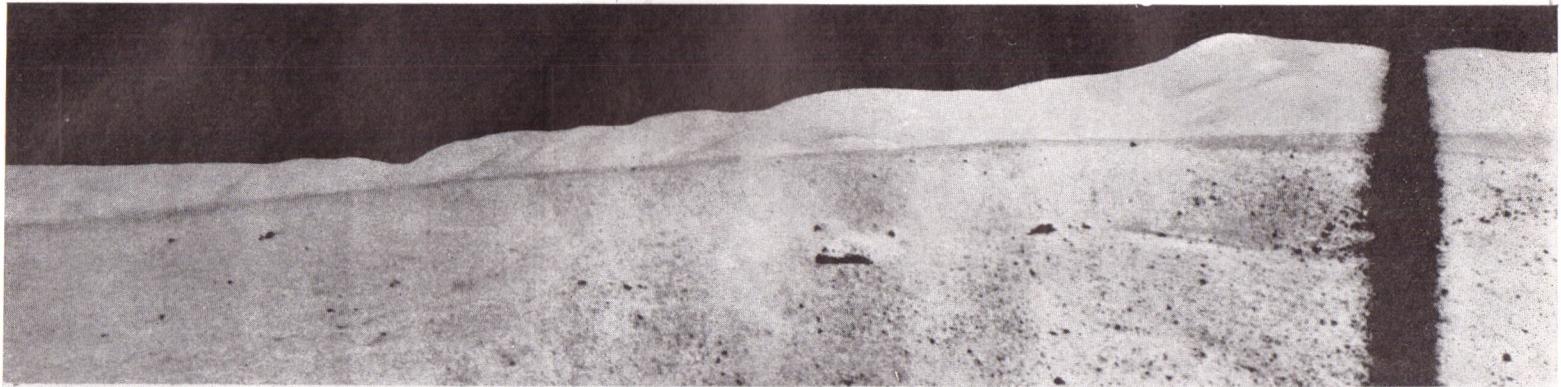


Рис. 2

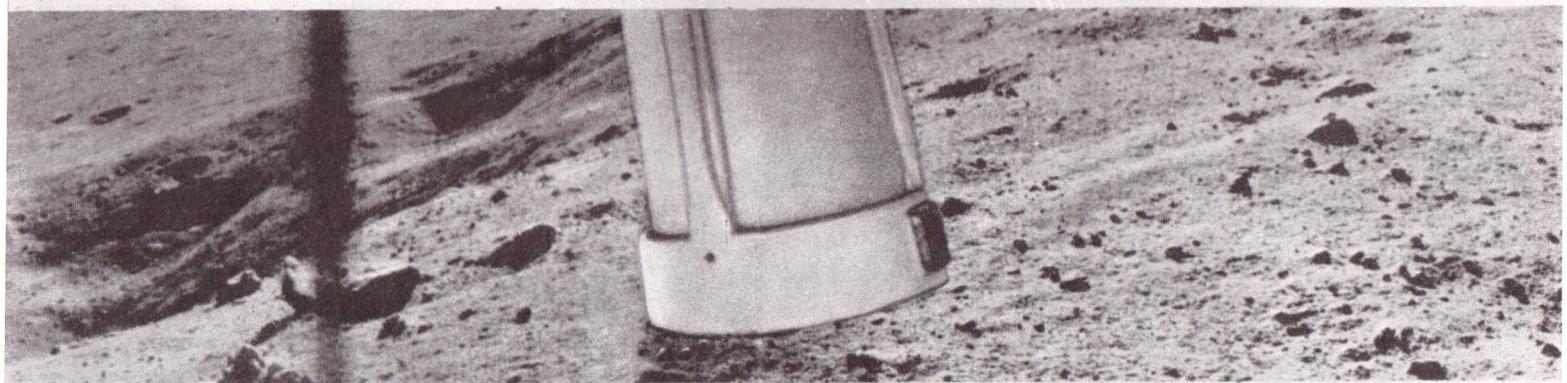


Рис. 3

Рис. 2. Ландшафт поверхности морского типа в южной части кратера Лемонье. На заднем плане горные сооружения, обрамляющие кратер Лемонье

Рис. 3. Оползневые террасы около кратера морфологического класса В диаметром 20 м

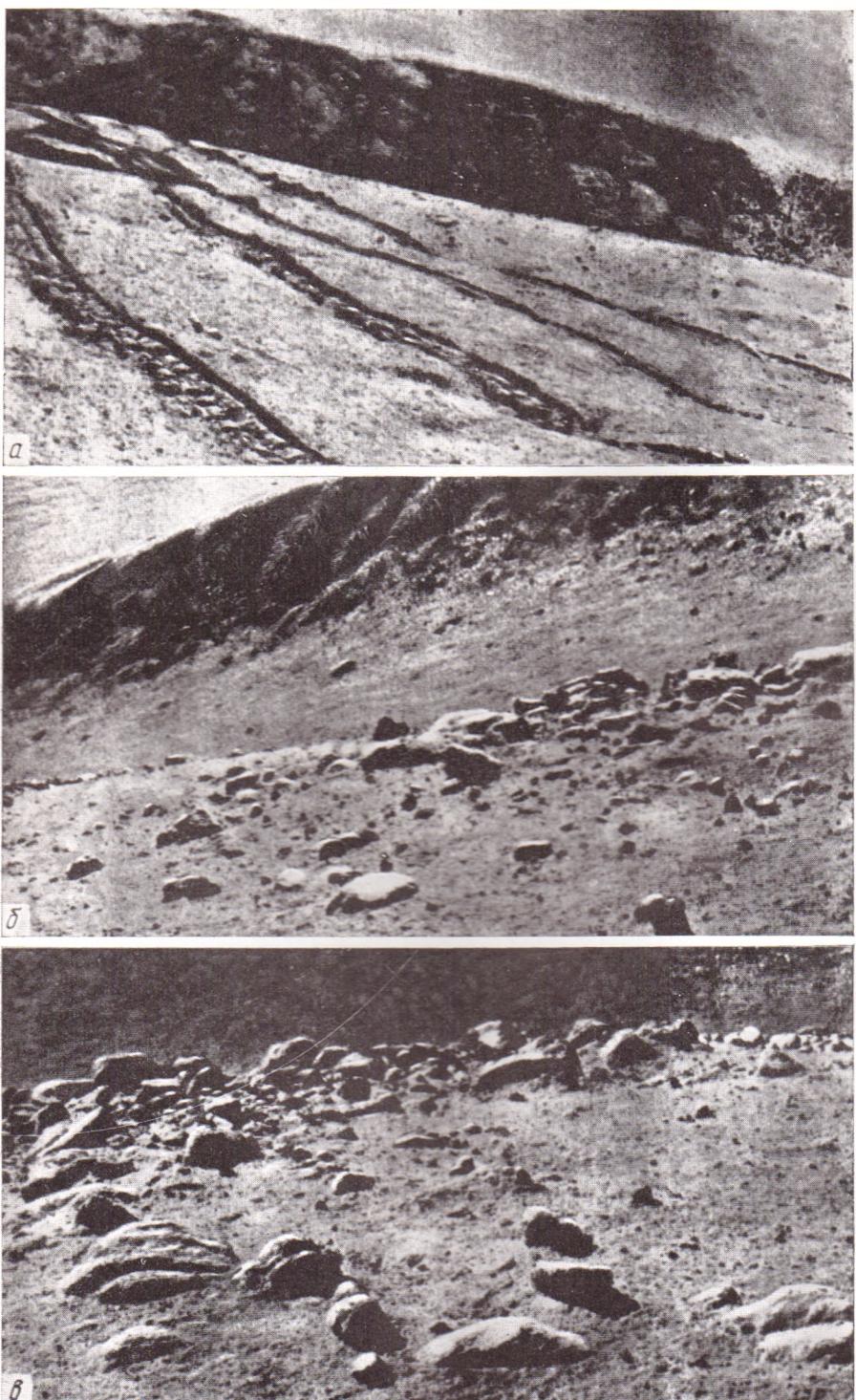


Рис. 4. Борозда Прямая. *а* – общий вид с западного борта, *б* – россыпь камней в прибрюковой зоне борозды, *в* – характерные формы камней в прибрюковой россыпи

склонные формы, относящиеся к классам *A*, *AB* и *B*, резко уступают в распространенности пологосклонным кратерам классов *BC* и *C*.

Вдоль маршрута движения «Лунохода-2» проводились специальные наблюдения за распространенностю вторичных каменистых кратеров, образовавшихся при низкоскоростных ударах (6, 7). На участке наблюдений длиной около 20 км встречено 22 вторичных каменистых кратера диаметром 1–4 м, что составляет примерно 0,25% общего количества встреченных кратеров. На отдельных участках маршрута протяженностью до 1 км доля вторичных каменистых кратеров увеличивалась до 1%.

Камни на морской поверхности связаны с выбросами из кратеров. Как правило, каменистые выбросы появляются у кратеров диаметром более 10 м, в отдельных случаях — у кратеров диаметром 4–5 м. Судя по этим данным, мощность реголита на исследованном участке морской поверхности колеблется от 1–1,5 до 5–6 м, в среднем составляя 2–3 м. Подсчеты камней попечником более 10 и 20 см для оценки средней распространенности их на морской поверхности показали, что на участке маршрута протяженностью около 10 км в Бухте Круглой средняя плотность камней, нормированная на 100 м<sup>2</sup> поверхности, следующая:  $n_{>10\text{ см}} \approx 10$ ,  $n_{>20\text{ см}} \approx 2$ .

2. Борозда Прямая. В процессе исследований получены телевизионные изображения Борозды Прямой с ее восточного и западного бортов (рис. 4).

Слоны Борозды Прямой имеют сложное строение. Самая верхняя часть склона длиной 20–40 м сравнительно пологая, уклон возрастает вниз, изменяясь от 1–3° до 10–15°, после чего наблюдается довольно резкий перегиб до крутизны 30–35°. Ниже наблюдается еще один перегиб и склоны снова становятся более пологими (<15–20°). Высота средней крутой части склонов составляет около 25–30 м.

Верхняя пологая часть склона характеризуется тем, что реголит на ее поверхности становится вниз по склону более грубым, а на перегибе к крутой средней части располагается россыпь крупных камней, почти непрерывно окаймляющая борозду. Первичные формы камней близки к прямоугольным призмам и несут следы длительной экспозиции на поверхности (рис. 4). Очевидно, за счет процессов частичного удаления материала в борозду на этой части склона как бы прослеживается вертикальный разрез реголита, а каменные развалы на перегибе трассируют границу реголита со скальным основанием. Для этой части склона характерно, что плотность малых (10–50 см) кратерных форм ниже равновесной.

Средняя крутая часть склона начинается с каменистой россыпи и на всем протяжении завалена глыбами скальных пород размером от 1 до 5 м. Вероятно, это частично смещенный книзу выход пород скального основания. Отчетливых признаков слоистости в разрезе пород скального основания не обнаружено.

Нижняя часть склона, судя по полученным изображениям, сложена с поверхности более мелкозернистым материалом, несет на себе относительно небольшое количество крупных каменных глыб и, вероятно, представляет собой подсклоновый шлейф.

3. Холмисто-западинная местность. Здесь обнаружено увеличение средней мощности реголита до 5 м и более, что нашло отражение в мягкости очертаний большинства встреченных кратерных форм и в более низкой, чем на море, средней плотности камней на поверхности.

Анализ телевизионных изображений показывает, что на горизонтальных и пологосклонных участках плотность кратеров диаметром более 1 м близка к значениям, характерным для морской равнинны. На склонах депрессий крутизной 15–17° плотность кратеров диаметром 1–2 м примерно в 3 раза ниже равновесной, что, вероятно, связано с уменьшением средней продолжительности существования кратеров на склонах. Это в

свою очередь подтверждает наличие горизонтального перемещения вещества по лунной поверхности, что находит свое отражение и в химических анализах<sup>(8)</sup>.

На склоне одной из депрессий были получены стереоскопические изображения террасовидных образований, расположенных около кратера класса В диаметром более 20 м. Их морфология с достаточной степенью уверенности позволяет считать, что это оползни (рис. 3). Террасы достигают 10–15 м в длину, нескольких метров в ширину, они опущены одна относительно другой и ненарушенной поверхности по 0,3–0,5 м каждая. Уступы террас выражены очень четко, что свидетельствует об их молодом возрасте.

Таким образом, из результатов геолого-морфологического анализа видеинформации, полученной с помощью «Лунохода-2», следует, что в изученной части равнины днища Лемонье при приближении к береговой линии на расстояние порядка нескольких сотен метров микрорельеф поверхности сохраняет типичный морской характер, а вещество испытывает горизонтальную миграцию. На склонах Борозды Прямой обнаружены следы фракционирования обломочного материала по размерам – более быстрый снос в Борозду мелкозернистого материала и относительное накопление в верхней части склонов более грубых обломков в результате этого. Микрорельеф холмисто-западинной местности обладает рядом особенностей, связанных с более высокой, чем на морской равнине, ролью склоновых процессов.

Авторы считают своим долгом выразить глубокую признательность всем товарищам, принимавшим участие в обеспечении успешной работы «Лунохода-2», благодаря усилиям которых стало возможным провести большой комплекс научных экспериментов и, в частности, выполнить настоящее исследование.

Авторы пользуются случаем выразить благодарность Г. Е. Кочарову и С. В. Викторову за предоставление данных эксперимента по определению химического состава и их обсуждение в процессе подготовки настоящей публикации.

Институт космических исследований  
Академии наук СССР  
Москва

Поступило  
18 VII 1973

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> К. П. Флоренский, А. А. Гурштейн и др., ДАН, 196, № 6, 1294 (1971).
- <sup>2</sup> K. P. Florensky et al., Report Presented at 14-th COSPAR Session, Space Research, 14, 1972. <sup>3</sup> D. E. Williams, J. F. McCayley, Geologic Map of the Nearside of the Moon, Geological Atlas of the Moon, Washington, 1971, p. 1–703. <sup>4</sup> N. Trask, Ranger VIII and IX. Part II, Experiment. Analyses and Interpretations, NASA TR-32-800, Pasadena, California, 1966. <sup>5</sup> E. M. Shoemaker, Origin of Fragmental Debris on the Lunar Surface, Trans. Instituto de investigaciones geologicas Barcelona, 25, 1971.
- <sup>6</sup> К. П. Флоренский и др., В кн. Передвижная лаборатория на Луне «Луноход-1», «Наука», 1971. <sup>7</sup> K. P. Florensky et al., Report Presented at 15-th COSPAR Session, Space Research, 15, 1973. <sup>8</sup> Г. Е. Кочаров, С. В. Викторов, ДАН, 214, № 1 (1974).