

К. П. ФЛОРЕНСКИЙ, А. А. ГУРШТЕИН, А. Т. БАЗИЛЕВСКИЙ,
В. В. ЗАСЕЦКИЙ

СТРУКТУРА И ГЕОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЙОНА ПОСАДКИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «ЛУНА-20»

(Представлено академиком А. П. Виноградовым 24 VIII 1972)

Основной научной задачей полета автоматической станции «Луна-20» являлась доставка на Землю образца вещества из типично материковой области Луны, относящейся по современным представлениям к древним регионам лунной поверхности. Имея в виду поставленную подобным образом задачу, для посадки станции был выбран район лунного материка между Mare Crisium и Mare Fecunditatis. Мягкая посадка станции «Луна-20» была реализована в точке с координатами $3^{\circ}32'$ северной широты и $56^{\circ}33'$ восточной долготы (¹). Указанные координаты точки посадки, полученные в оперативном порядке, могут быть в последующем несколько уточнены из анализа всего комплекса полученной в ходе полета информации.

Место посадки станции «Луна-20» расположено в 120 км к северу от точки прилунения автоматической станции «Луна-16», которая в сентябре 1970 г. доставила на Землю образец лунного грунта из Mare Fecunditatis (рис. 1).

Несмотря на относительную близость, районы посадки станций «Луна-16» и «Луна-20» различаются между собой как по структуре, так и по геологическому возрасту. «Луна-16» совершила посадку на достаточно ровное лавовое поле базальтового состава, типичное для лунных морей. Место посадки «Луны-20» представляет собой участок материковой области с сильно расчлененным рельефом, возвышающийся над поверхностью Mare Fecunditatis в среднем на величину порядка одного километра. Породы, слагающие этот участок, относятся к небуляриевому комплексу, характерному для материковых областей Луны (^{2, 3}). В стратиграфической схеме (⁴) небуляриевый комплекс соответствует средней части доимбрийских отложений. По данным наземных наблюдений, альbedo поверхности в районе посадки составляет около 13% (⁵), что типично для материков и заметно отличает район посадки станции «Луна-20» от более темных равнин лунных морей. Характер структурных взаимоотношений в северной прибрежной зоне Mare Fecunditatis служит дополнительным свидетельством того, что выбранный район посадки геологически древнее лавовых покровов, заполняющих котловину этого моря.

Общая морфология рельефа выбранной для посадки области также является типичной для лунных материков. Основу ее составляют участки с полого-холмистым рельефом, сочетающиеся с протяженными гребнисто-грядовыми поднятиями, уступами и котловинами неправильной формы. Эти образования перекрыты многочисленными кратерами диаметрами до десятков километров. Совокупность указанных форм приводит к весьма высокой расчлененности рельефа с перепадами высот, достигающими 1–2 км.

Плотность распределения кратеров с диаметрами более 3 км в окрестностях района посадки составляет около 15 кратеров на 1000 км², что примерно в 50 раз превышает плотность кратеров соответствующего раз-

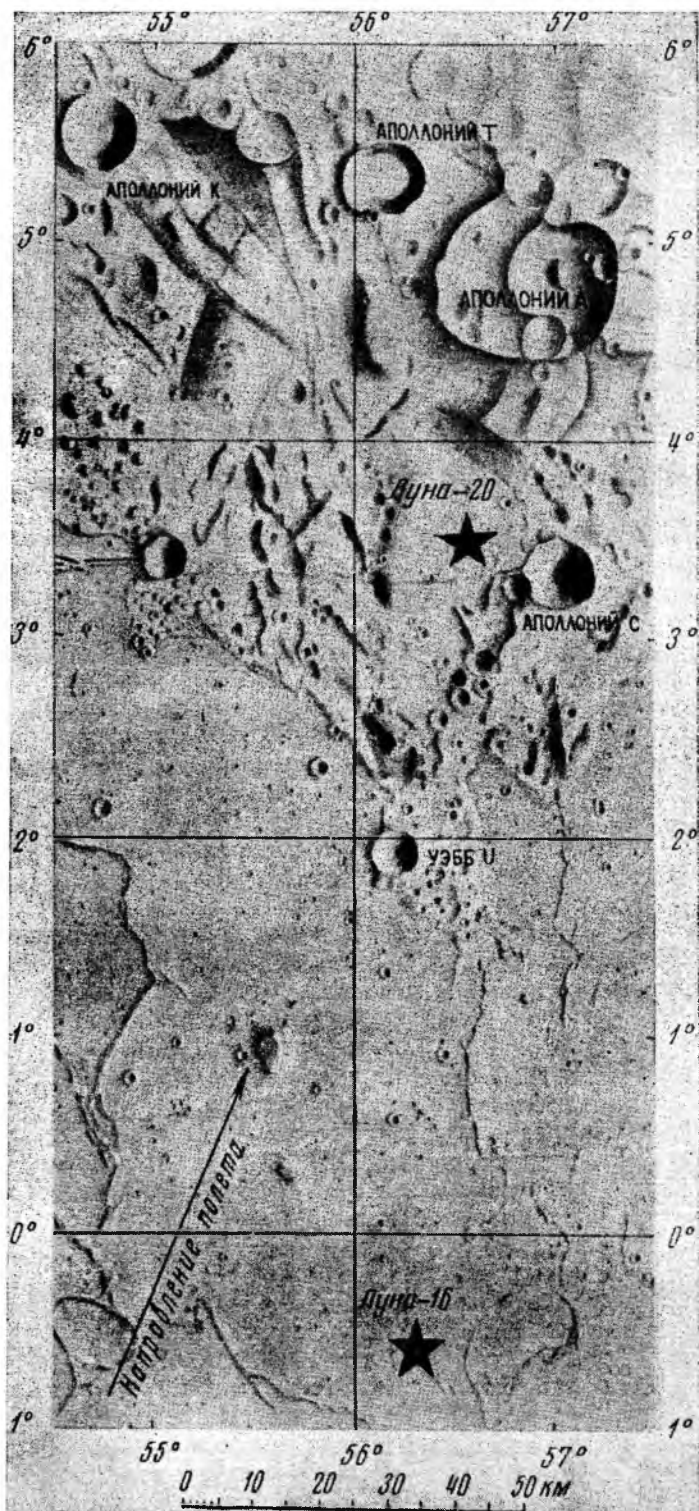


Рис. 1. Район посадки АЛС «Луна-16» и «Луна-20». Карту (масштаб оригинала 1:500 000) составил Г. А. Бурба (ИКИ АН СССР)

мера в северной части Mare Fecunditatis. В непосредственной близости к юго-востоку от района посадки находится кромка вала десятикилометрового кратера Apollonius C. Глубина этого кратера превышает 1 км. Форма кратера близка к чашеобразной. Судя по степени выраженности в рельефе, кратер Apollonius C имеет коперниковский возраст. Выбросы из этого кратера, по-видимому, должны играть существенную роль в составе реголита, привезенного станцией «Луна-20».

Анализ панорамных изображений, полученных с помощью установленных на станции телефотометров, подтвердил, что рельеф поверхности в окрестностях места посадки имеет полого-холмистый характер (рис. 2). Очертания холмов — сглаженные, со склонами выпукло-вогнутой формы. Крутизна склонов достигает 10—15°. Протяженность склонов холмов может колебаться от нескольких сотен метров до 1—2 км. Судя по полученным изображениям, станция совершила посадку на восточном склоне одного из таких холмов. Уклон местности в точке посадки составляет 8°.

На склонах холмов и на их вершинах наблюдаются мелкие кратеры. Во время работы станции на Луне высота Солнца над местным горизонтом составляла около 50°, что затрудняло дешифрирование удаленных кратеров. Тем не менее, имеющиеся данные позволяют предполагать, что общий характер распределения кратеров по поверхности близок к случайному.

В северо-западном направлении от точки посадки станции наблюдается кратер диаметром более 10 м (рис. 3). Бровка кратера довольно четкая. Вал кратера хорошо выражен. Внутренние склоны кратера отличаются значительной крутизной (~20°). На них заметны камни с поперечниками до нескольких десятков сантиметров. На валу кратера и в непосредственной близости от него поверхность осложнена дополнительными кратерами с диаметрами до 1—2 м. Морфологически указанный 10-метровый кратер не отличается от распространенных в лунных морях кратеров класса В, наблюдавшихся, в частности, на панорамах, полученных «Луноходом-1» в Mare Imbrium⁽⁶⁻⁸⁾.

В непосредственной близости от точки посадки станции на относительно ровной поверхности наблюдаются редкие пологосклонные кратеры с диаметрами до 0,5—1 м и малочисленные камни с поперечниками не более 1—3 см, не связанные с кратерами. Форма камней близка к изометричной. Камни несколько светлее, чем поверхность грунта. Некоторые из камней, по-видимому, отличаются повышенной отражательной способностью, имея светло-серый или белый цвет.

Структура поверхности грунта на участке, где производился забор образца реголита, ячеисто-комковатая (рис. 4). Она определяется наличием округлых кратерообразных ямок поперечниками от 3 до 10 см и многочисленных бугорков поперечником от нескольких миллиметров до 1—3 см, осложняющих склоны ямок и поверхность между ними. На поверхности грунта видны также камешки (дресвяные зерна) поперечниками 0,5—2 см, как свободно лежащие на поверхности, так и частично погруженные в грунт. По предварительным оценкам концентрация дресвяных зерен в грунте места посадки станции «Луна-20» выше, чем в большей части участков Mare Imbrium, исследованных «Луноходом-1»⁽⁸⁾.

На фоне ячеисто-комковатой структуры поверхности местами видны узкие (0,5—1 см) различным образом ориентированные прямолинейные бороздки протяженностью до 0,5 м. Аналогичные образования дешифрировались на панорамах, полученных «Луноходом-1», и интерпретировались как следы качения мелких камней^(7, 8).

Иногда на поверхности грунта наблюдается нечетко выраженная полосчатость, ориентированная радиально от станции. Аналогичная полосчатость наблюдалась также около посадочной платформы, доставившей

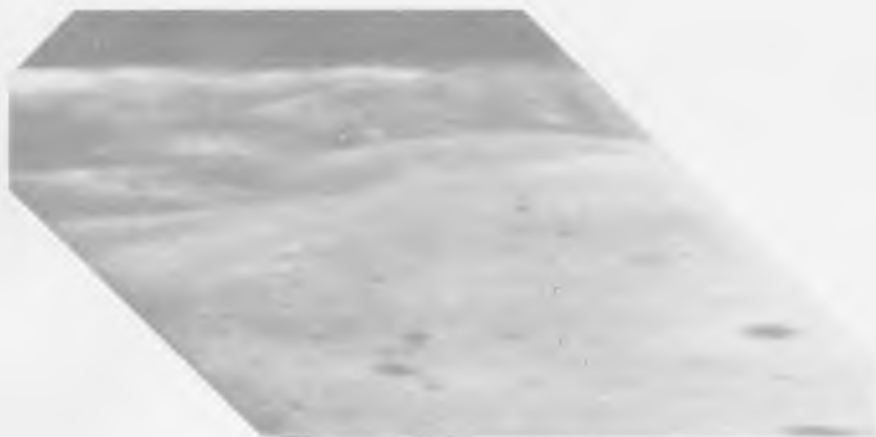


Рис. 2. Полого-холмистый рельеф к востоку от места посадки АЛС «Луна-20»



Рис. 3. Кратер морфологического класса В поперечником около 10 м, расположенный к северу от места посадки АЛС «Луна-20»

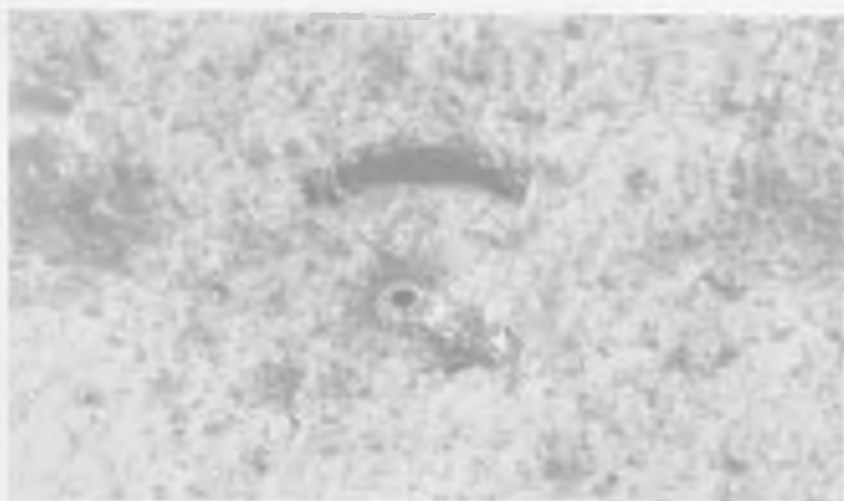


Рис. 4. Место отбора колонки грунта. Видно устье скважины и след от корпуса бурового станка

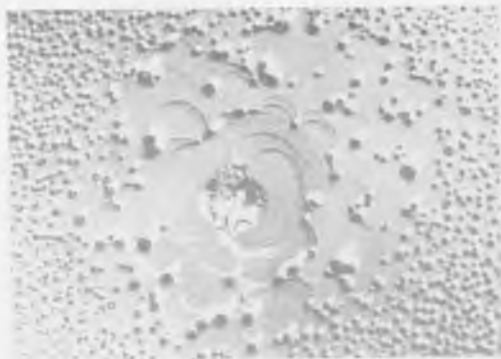


Рис. 1. Движение ступеней на поверхности кристалла LiF совместно с золотыми крупинками в зоне активного испарения. 12 000X

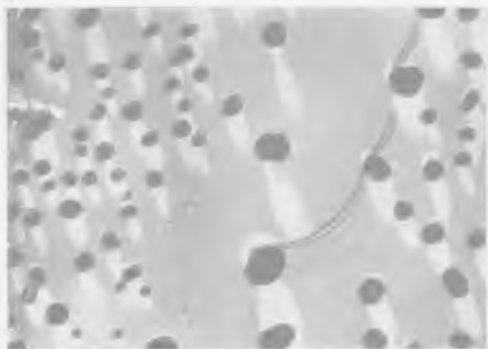


Рис. 2. Увеличение среднего размера крупинок вследствие коалесценции в режиме столкновения. За движущимися ступенями остается зона, свободная от крупинок. 12 000X

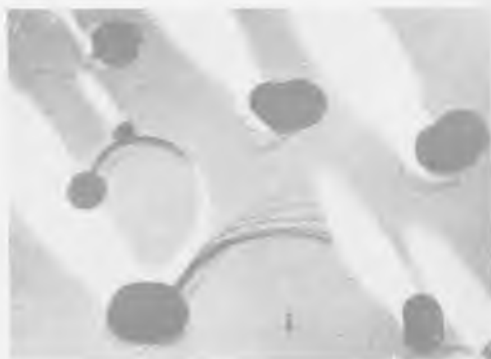


Рис. 3. Утонение тени фанела вблизи крупинки свидетельствует о том, что она находится на подставке. 12 000X

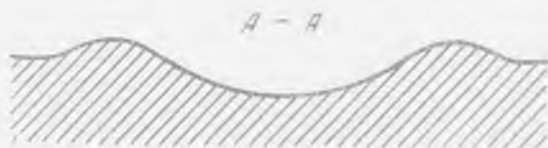
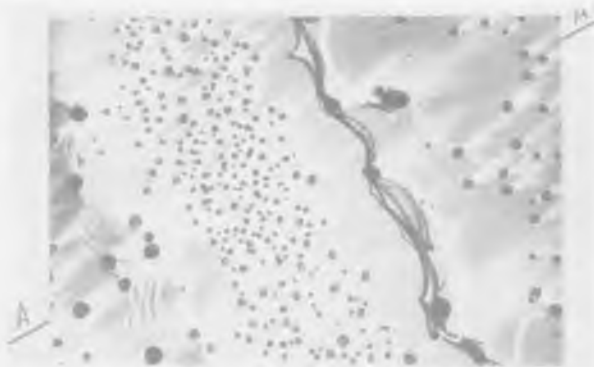


Рис. 4. Перераспределение крупинок на поверхности затекающей пластины вследствие зависимости скорости движения ступеней от локальной кривизны. 12 000X

на Луну самоходный аппарат «Луноход-1» (*, **). По-видимому, эта недостаточность представляет собой следы частичного раздувания верхнего слоя грунта струей от двигателя при посадке.

На панорамах видна также одна из опор посадочной платформы станции и следы нарушения грунта этой опорой при посадке. Грунт был частично сдвинут и распался на отдельные комки поперечником 3–5 см. Форма комков неправильная, иногда угловатая. По отражательной способности поверхность комков не имеет существенных отличий от поверхности ненарушенного грунта.

На панорамах, полученных после бурения, видно устье скважины, пройденной в грунте для забора образца реголита. Диаметр его около 3 см. Край резкие. Следов осыпания стенок незаметно. При бурении вокруг устья скважины образовался валик грунта высотой около 1 см и шириной 2–3 см. Валик, вероятно, образовался в результате того, что винтовой механизм подачи в наружной части бура работал как шнек.

Устье буровой скважины находится на узком (5–7 см) перешейке между двумя ямками диаметром около 10 см каждая. В бортах этих ямок из-за особенностей освещения комковатость грунта заметна больше, чем на окружающей ровной поверхности.

Во время бурения корпус бурового станка частично опирался на грунт, создавая в месте контакта давление порядка 0,1–0,3 кг/см². На грунте в этом месте остался четкий отпечаток глубиной до 3 см. Приведенное значение давления может служить оценкой прочности верхней части грунта в точке посадки.

Таким образом, по возрасту, геологическому строению и общей морфологии район посадки автоматической станции «Луна-20» резко отличается от ранее изученных районов морского типа (*–**). В то же время, несмотря на эти отличия, характер обследованного микрорельефа и физико-механические свойства верхней части реголита в точке посадки близки к соответствующим характеристикам морских поверхностей. По-видимому, последнее обстоятельство связано с тем, что процессы, определяющие указанные характеристики, имеют одинаковый характер как в морских равнинных, так и в гористых материковых областях Луны.

Авторы считают своим долгом выразить глубокую признательность всем товарищам, принимавшим участие в обеспечении успешного эксперимента с «Луной-20», благодаря работе которых стало возможным впервые доставить образец реголита из труднодоступного материкового района лунной поверхности и, в частности, выполнить настоящее исследование.

Институт космических исследований
Академии наук СССР
Москва

Поступило
4 VII 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Сообщение ТАСС, «Правда», 23 февраля 1972. ² А. Л. Суханов, В. Г. Трифонов, Тр. Геол. инст., в. 204, «Наука», 1969. ³ А. Л. Суханов, В. Г. Трифонов и др., Сборн. Современные представления о Луне, «Наука», 1972. ⁴ E. M. Shoemaker, R. G. Hackman, Intern. Astron. Union Moon Sympos., № 14, 1960, London — N. Y., 1962; Ю. М. Шумэкер, Р. Дж. Хэкман, Сборн. Новое о Луне, Изд. АН СССР, 1963. ⁵ G. A. Pohn, R. L. Wildey, G. E. Sutton, U. S. Geol. Surv. Prof. Paper 599-E, Washington, 1970. ⁶ К. П. Флоренский, А. А. Гурштейн и др., ДАН, 196, № 6, 1294 (1971). ⁷ К. П. Флоренский и др., В кн. Передвижная лаборатория на Луне. «Луноход-1», «Наука», 1971. ⁸ K. P. Florensky et al., Report Presented at 14th COSPAR Session, Space Research, 14, 1972. ⁹ Первые панорамы лунной поверхности, «Наука», 1, 1966; 2, 1969. ¹⁰ Surveyor Project Final Report, Part II, Sci. Results, JPL, NASA TR-32-1265, Pasadena, California, 1968. ¹¹ К. П. Флоренский и др., Сборн. Современные представления о Луне, «Наука», 1972.