

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Ордена Ленина Институт геохимии и аналитической химии
им. В. И. Вернадского

ЛУННЫЙ ГРУНТ из Моря Изобилия

ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1974

К. П. Флоренский,
А. Т. Базилевский,
А. А. Прохин

ГЕОЛОГО- МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ПОСАДКИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛУННОЙ СТАНЦИИ «ЛУНА-16»

В статье приводится краткий геологический очерк района посадки автоматической лунной станции «Луна-16», включающий данные о структурных особенностях, оценке мощности и стратиграфическом положении лавового заполнения Моря Изобилия. Сделаны определения относительной длительности формирования поверхности вблизи места посадки на основе данных статистических подсчетов распространенности кратеров. Даются описания и некоторые морфометрические характеристики некратерных форм рельефа, осложняющих поверхность Моря Изобилия. Рассматриваются возможные источники материала реголита, доставленного АЛС «Луна-16».

Автоматическая станция «Луна-16» доставила на Землю образец лунного грунта из северо-восточной части Моря Изобилия¹. Место посадки станции находится в точке с координатами 0°41' южной широты, 56°18' восточной долготы. Оно расположено в 280 км к северо-западу от кратера Лангрэн и в 360 км к юго-востоку от кратера Тарунций. В 100—120 км к северу от места посадки начинается материковая область, разделяющая Море Изобилия и Море Кризисов. В 120 км к востоку от места посадки находится район с гористым и холмистым рельефом, который далее к востоку сменяется равнинными участками с поверхностью морского типа, а затем областью развития рельефа материкового типа, окружающей Море Пены.

Район посадки по своему строению является типичным представителем участков морского типа. Судя по результатам анализа вещества, доставленного АЛС «Луна-16» [1], и по аналогии с другими исследованными районами лунных морей [2—6], впадина Моря Изобилия заложена комплексом лавовых потоков базальтоидного состава. М. С. Марков и др. [7]

относят эти образования к процелляриевому комплексу [8].

Общая мощность процелляриевых пород в прибрежной зоне Моря Изобилия (район кратера Уэбб Р) может быть оценена по методике А. Л. Суханова и Л. М. Шкерина [9] величиной порядка 0,5 км. Непосредственно в районе посадки мощность данных пород, по-видимому, несколько превышает это значение.

Северо-восточная часть Моря Изобилия в виде залива полукруглой формы вдаётся в материковую область (рис. 2). Создается впечатление, что этот залив представляет собой затопленную лавами часть древнего кратерообразного бассейна диаметром около 150 км, края которого отмечены кратерами Уэбб, Уэбб Р, Уэбб U и Уэбб U. Часть гористого обрамления этого бассейна довольно хорошо сохранилась между кратерами Уэбб и Уэбб Р. Юго-западная часть этого обрамления бассейна, по-видимому, перекрыта процелляриевым комплексом. Интересно отметить, что предполагаемое местонахождение этой части гористого обрамления как бы трассируется системами морских валов.

Место посадки находится за пределами этого предполагаемого бассейна и представляет собой относительно ровный участок морской поверхности, не содержащий кратеров крупнее 1 км в диаметре, окруженный морскими валами.

На удалении от места посадки, кроме кратеров различного размера и морских валов, на поверхности Моря Изобилия иногда наблюдаются плосковершинные, гребневидные и куполообразные возвышенности и изредка — рилли.

Кратеры в районе посадки изучались по снимкам масштаба 1:170 000, полученным при полете КК «Аполлон-15», и снимкам масштаба 1:500 000, полученным с помощью КА «Лунар Орбитер-1». По этим материалам исследовались особенности морфологии и распределения кратеров диаметром более 200 м. Кратеры меньшего

¹ Приняты сокращения: АЛС — автоматическая лунная станция; КК — космический корабль; КА — космический аппарат.

размера на этих снимках опознаются не всегда уверенно, и оценки их плотности распределения, по-видимому, занижены.

В ближайших окрестностях места посадки кратеры диаметром от 200 м до 1 км распределены по площади довольно равномерно. Плотность распределения в этом интервале диаметров иллюстрируется рис. 1 и может быть аппроксимирована функцией $N = 10^{12.9} D^{-3}$, где N — кумулятивное количество кратеров диаметром более D (м) на площади 10^6 км^2 . Точка пересечения графика этой функции с графиком функции равновесного распределения [10] приходится на диаметр, примерно равный 100 м, т. е. в этом отношении место посадки АЛС «Луна-16» аналогично району исследований «Лунохода-1» [2, 3]. Эти данные дают основание считать, что средняя мощность реголита в районе посадки АЛС «Луна-16» превышает 2—3 м.

Среди кратеров диаметром менее 100—200 м преобладают чашеобразные формы. Более крупные кратеры часто плоскодонны. Это обстоятельство, по-видимому, указывает на существование некоторой границы раздела на глубине 20—40 м. В распределении кратеров по степени морфологической выраженности не наблюдается аномалий, отличающих место посадки «Луны-16» от других ранее изученных участков морей [11].

Кратеры диаметром более 1 км в районе исследований распределены неравномерно, образуя скопления неправильной формы и линейно вытянутые системы. Площадь таких скоплений может достигать десятков и нескольких сотен квадратных километров, а количество в них кратеров этого размера 10—20. Длина линейных систем обычно 10—15 км, редко до 50 км, количество кратеров в них колеблется от 5 до 10. Они, как правило, ориентированы в направлении С—Ю и СЗ—ЮВ и обнаруживают пространственную связь с кратером Лангрэн (вторичные кратеры?).

По морфологии кратеры диаметром более 1 км весьма разнообразны. Преобладающая часть их имеет чашеобразную форму, реже встречаются плоскодонные и конусообразные кратеры. Наиболее крупный из кратеров, расположенных на исследованном участке морской поверхности, имеет диаметр около 10 км (Уэбб В). Среди кратеров диаметром более 1 км преобладают кратеры, четко выраженные в рельефе, которые можно сопоставлять с кратерами морфологических классов А, АВ и В [11]. Сильно разрушенные кратеры, относящиеся к классу ВС, встречаются очень редко. Кратеров с признаками морфологического класса С выделить практически не удается.

Некоторые кратеры этого интервала размеров имеют асимметричную, вытянутую (обычно в СЗ направлении) в плане форму и как бы состоят из 2—3 слившихся воедино кратеров. По-видимому, это тоже вторичные кратеры.

Морские валы в районе посадки представляют собой грядобразные возвышенности длиной от 5—10 до 30—40 км при ширине от сотен метров до нескольких километров. Высота их над окружающей местностью обычно не превышает 100—200 м, лишь изредка достигая 300—400 м. Крутизна склонов валов обычно не превышает 10—15°, лишь изредка достигая 20—25°. Нередко один из склонов заметно круче другого, и вал по форме напоминает куэсту. В плане валы обладают извилистой и дугообразной формой и кулисообразно заходят друг за друга. Они образуют две системы. Одна из них из района кратера Уэбб S проходит через окрестности места посадки в меридиональном направлении к материковому мысу с кратером Уэбб U. Другая система валов пересекает первую в районе, расположенном в 40 км к северо-западу от кратера Уэбб S, и простирается в широтном направлении к кратеру Уэбб. Северное окончание меридиональной системы и восточная часть широтной системы валов проходит над предполагаемым местом нахождения затопленного гребня упомянувшегося выше бассейна диаметром около 150 км.

В поперечном сечении валы имеют коробчатую форму с плоской вершиной или округлую форму без резкого перегиба между склоном и вершинной поверхностью. Дугообразно изогнутый в плане плосковершинный вал шириной от 2 до 4 км расположен в 20 км восточнее точки посадки АЛС «Луна-16».

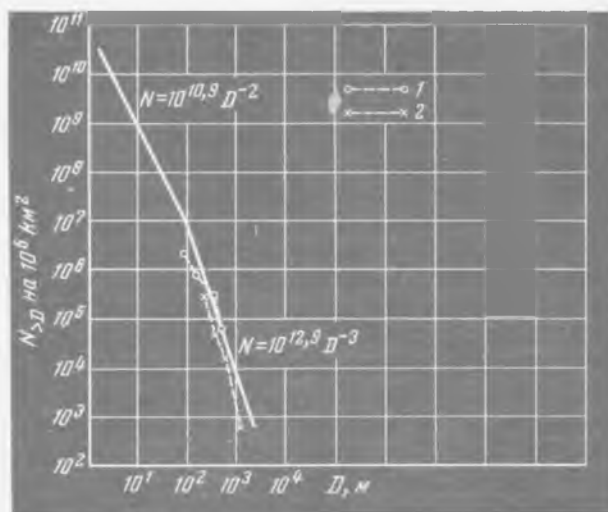
Плосковершинные возвышенности наблюдаются в 45 и 60 км к юго-западу от кратера Уэбб U (соответственно, 80 и 60 км к северо-западу от места посадки). Форма их в плане близка к полигональной. Размеры одной из них $4 \times 6 \text{ км}$, другой $2 \times 3 \text{ км}$. Склоны имеют крутизну 15—20°. Плоские вершинные поверхности возвышенностей практически не отличаются от окружающей их морской поверхности.

Гребневидная возвышенность находится в 80 км к северо-востоку от места посадки. Длина ее около 25 км при ширине от 1 до 3 км. Высота около 300 м. Простирание северо-западное. В юго-восточной части эта возвышенность достигает максимальной ширины. Крутизна склонов описываемой формы рельефа лежит в пределах от 10 до 20°.

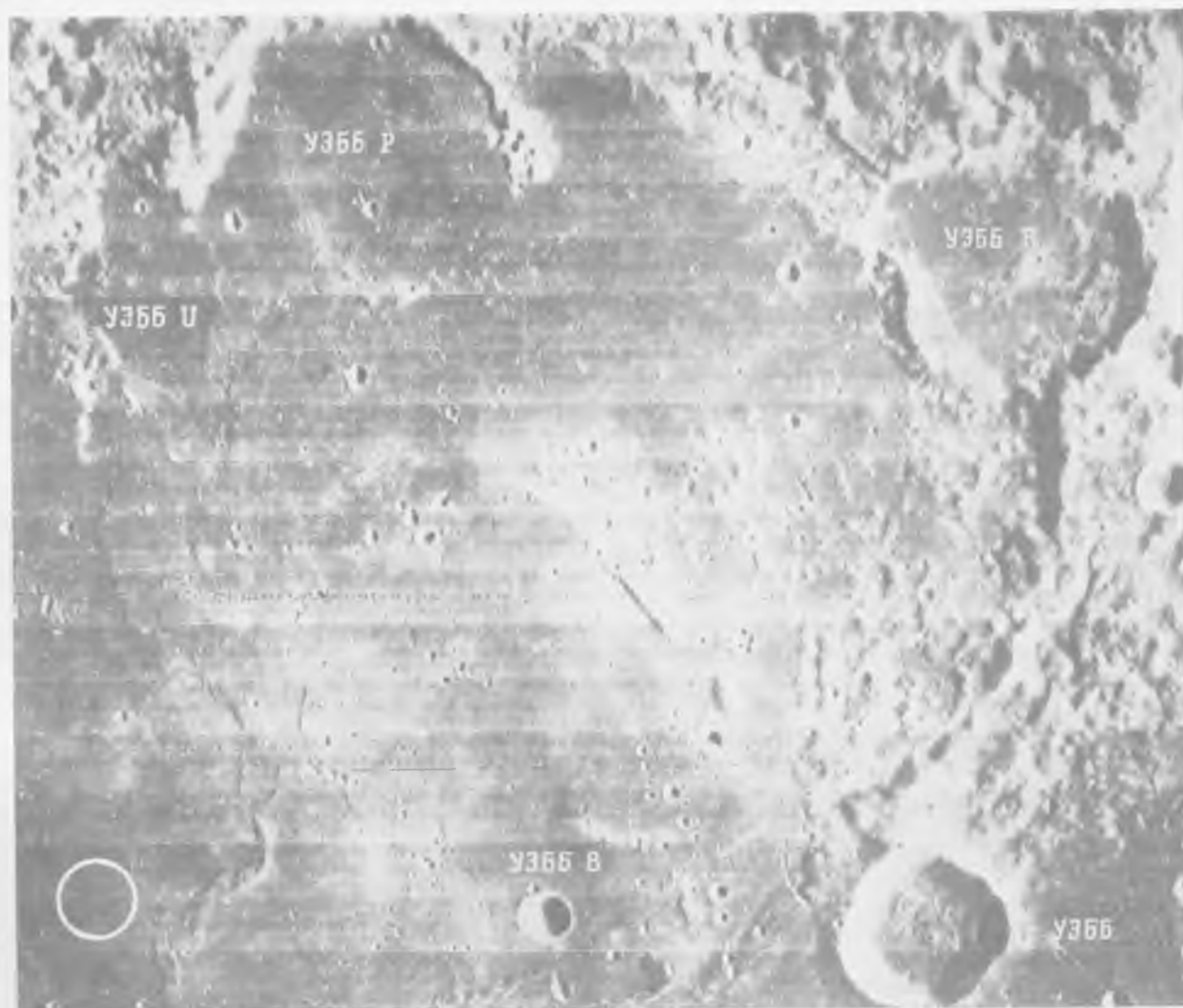
Куполообразные возвышенности весьма характерны для некоторых районов

Р и с. 1. Кумулятивная площадь кратеров в районе посадки «Луны-16»

1 — «Аполлон-15»; 2 — «Лунар Орбитер-1»



Р и с. 2. Северо-восточная часть Моря Изобилия. Снимок КА «Орбитер-1» № 34-М. Размер участка $150 \times 150 \text{ км}$, север — наверху. Кружок в левом нижнем углу снимка указывает место посадки станции «Луна-16»



северо-восточной части Моря Изобилия. Они встречаются в виде одиночных возвышенностей или обособленных групп возвышенностей на морской поверхности между кратерами Уэбб и Уэбб Р, но наиболее многочисленны в зонах, переходных от морской поверхности к материковой области в районах, расположенных к северо-востоку от кратера Уэбб и к северо-западу от кратера Уэбб U, где холмистый характер рельефа практически полностью определяется наличием этих форм. Куполообразные возвышенности имеют диаметр от 1 до 5 км при высоте от десятков до нескольких сотен метров. Крутизна склонов у этих возвышенностей обычно возрастает к средней части склона и может достигать 20—25°. В районах широкого развития этой формы рельефа плотность распределения кратеров диаметром менее 1 км заметно меньше, чем на прилегающих к ним участках морской поверхности. Кратеры крупнее 1 км распределены на участках развития куполообразных возвышенностей примерно таким же образом, как и на морской поверхности. Учитывая вероятную наложенность куполообразных возвышенностей на породы процелляриевого комплекса, приуроченность их к зонам сочленения морских равнин с гористыми областями материков и крутосклонность этих возвышенностей, можно предположить, что эти формы рельефа являются результатом проявлений постпроцелляриевого вулканизма небазальтоидного типа. Весьма вероятен андезито-базальтовый состав пород, слагающих куполы. На куполообразных возвышенностях изредка наблюдаются асимметричные кратеры предположительно вторичного (выбросы из Лангрена?) происхождения. Это дает основание предполагать, что возраст этих форм более древний, чем возраст кратера Лангрена.

Литература

1. Виноградов А. П. Предварительные данные о лунном грунте, доставленном автоматической станцией «Луна-16». — *Геохимия*, 1971, № 3, 261—274.
2. Передвижная лаборатория на Луне — «Луноход-1». Изд-во «Наука», 1971.
3. Florensky K. P., Basilevsky A. T., Gurshtein A. A., Zasetky V. V., Pronin A. A., Zevin K. V., Popova Z. V. Geomorphological analysis of the area of Mare Imbrium explored by automatic roving vehicle «Lunohod-1». — Report presented at the 14-th COSPAR session Seattle, 1971.
4. Surveyor project final report. Pt. II. — Science results. TR 32-1265. JPL, Pasadena, 1968.
5. Apollo 11 preliminary science report. NASA SP-214, 1969.
6. Apollo 12 preliminary science report. Pt. A, NASA SP-272, 1971.

Рилли в описываемом районе встречаются только в непосредственной близости от кратера Уэбб. Здесь наблюдаются две рилли, одна из которых имеет длину около 20 км и простирается в северо-восточном направлении, другая — имеет длину около 40 км и простирается в северо-западном направлении. Эти рилли представляют собой слабо извилистые долинообразные понижения с корытообразным поперечным профилем. Ширина риллей около 2 км. Крутизна склонов, по-видимому, лежит в пределах 10—15°. Днища риллей по характеру поверхности практически не отличаются от прилегающих участков морской поверхности. Одна из риллей пересекается субмеридиональными цепочками кратеров предположительно вторичного генезиса. Это дает основание считать, что рилли сформировались до момента образования кратера Лангрена.

Анализ геолого-морфологической ситуации в районе посадки приводит к выводу, что в составе материала реголита, проба которого доставлена на Землю АЛС «Луна-16», должен присутствовать материал из четырех разных источников. Главным источником материала реголита являются базальтовые породы процелляриевого комплекса, заполняющего впадину Моря Изобилия. Другим источником могут быть породы допроцелляриевых комплексов, которые должны вскрываться наиболее крупными из кратеров, нарушающих поверхность Моря Изобилия. Третий источник вещества — это области развития куполообразных возвышенностей в зонах сочленения морских равнин с материком. Четвертый источник — это породы, слагающие материковые области, окружающие Море Изобилия. Основным механизмом перемещения вещества в данных случаях, по-видимому, были различные взрывные процессы.

7. Марков М. С., Суханов А. Л., Трифонов В. Г., Флоренский К. П., Шкерин Л. М. Геологическое картирование Луны. — В сб. «Современные представления о Луне». Изд-во «Наука», 1971.
8. Суханов А. Л., Трифонов В. Г. Методика составления и легенда геолого-морфологических карт Луны масштаба 1:1 000 000. — В кн. «Проблемы геологии Луны». Труды ГИН, 1969, вып. 204.
9. Суханов А. Л., Шкерин Л. М. О мощности пород процелляриевого комплекса. — В кн. «Проблемы геологии Луны». Труды ГИН, 1969, вып. 204.
10. Trask N. Size and spatial distribution of craters estimated from the Ranger photographs. Ranger VIII and IX. Pt. II. NASA TR 32-800. JPL, Pasadena, 1966.
11. Флоренский К. П. и др. К проблеме строения поверхности лунных морей. — В сб. «Современные представления о Луне». Изд-во «Наука», 1971.