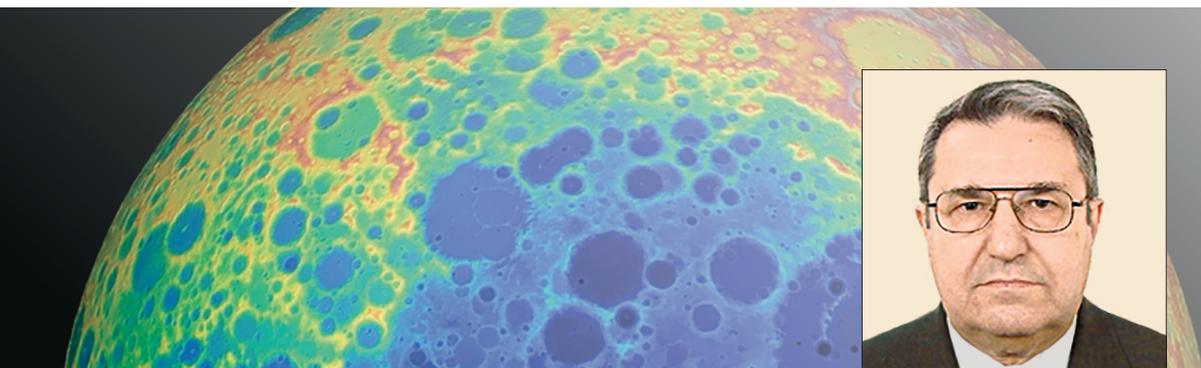


СИГНАЛ С ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ



В.В. ШЕВЧЕНКО,

доктор физико-математических наук

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ

DOI: 10.7868/50044394819060033

Исследования обратной стороны Луны, начатые легендарным полетом автоматической межпланетной станции “Луна-3” 60 лет назад, ознаменовали начало нового пути в изучении ближайшего космоса. На этом пути было совершено уже много открытий. Но еще большее их число ожидает науку в будущем.

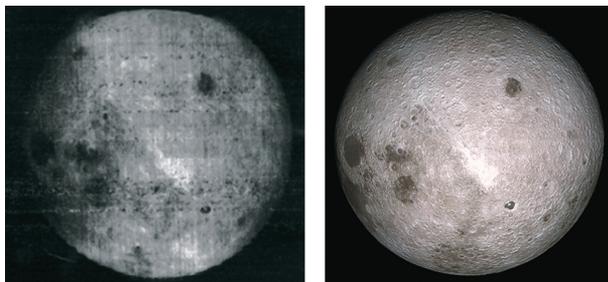
ПЕРВЫЙ ШАГ НА ДОЛГОЙ ДОРОГЕ

Первое фотографирование лунной поверхности из космоса автоматической межпланетной станцией (АМС) “Луна-3” стало ключевым шагом на длинной дороге к познанию Луны на современном уровне науки. Несмотря на громадные изменения в космической технике и космических технологиях, первые лунные снимки и сегодня являются достаточно качественными документами в истории изучения обратного полушария Луны. В этом можно наглядно убедиться, если сравнить обработанные современными компьютерными методами снимки, полученные в 1959 г. (ЗиВ, 2019, № 3), с результатами со-

временной съемки в том же масштабе и ракурсе, полученными американской АМС “Лунный орбитальный разведчик” (Lunar Reconnaissance Orbiter; ЗиВ, 2009, № 6, с. 99–102).

В планировании и осуществлении лунных космических программ ведущих космических держав на начальном этапе неизбежно присутствовали тенденции соревнования. После успешного осуществления миссии АМС “Луна-3” в NASA был выдвинут проект получения снимков лунной поверхности с максимально доступным разрешением. План эксперимента был прост: космический аппарат, оснащенный телевизионными камерами скоростной съемки, падает на лунную поверхность и производит съемку до последнего момента. Однако, прак-

Снимок обратной стороны Луны, обработанный современным компьютерным методом (ГАИШ МГУ, слева), и мозаика из современных снимков, полученных АМС "Лунный орбитальный разведчик" (фото NASA, справа). Следует обратить внимание на совпадение деталей обоих изображений



тическое выполнение этого плана оказалось более сложным. Запуски первых шести аппаратов серии "Рейнджер" (Ranger) оказались неудачными. Первые результаты были получены только АМС "Рейнджер-7", достигшей лунной поверхности 31 июля 1964 г. Телевизионный канал начал свою работу за 18 мин до разрушения аппарата при падении на лунную поверхность. Первое изображение было получено с высоты 2 110 км. Передача последующих 4 308 снимков произошла за последние 17 мин полета. Окончательное изображение, полученное и переданное на Землю непосредственно перед ударом космического аппарата со скоростью 2,62 км/с, отличалось максимально высоким разрешением.

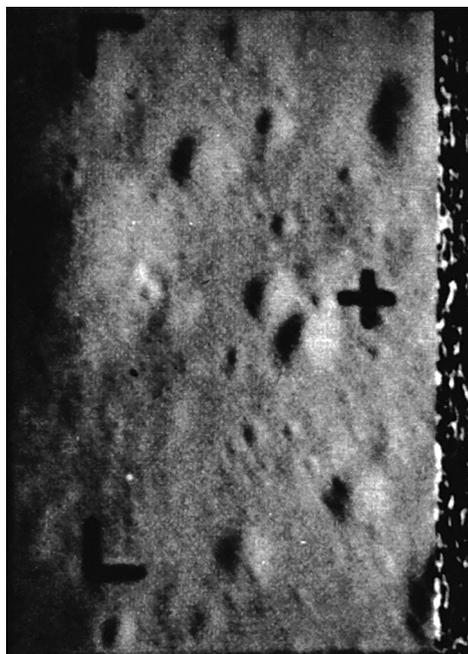
АМС "Рейнджер-7" упала на видимом полушарии Луны в районе между Океаном Бурь и Морем Облаков. Впоследствии эта территория была названа Морем Познанным.

Научным руководителем проекта "Рейнджер" был крупнейший ученый в области лунно-планетных исследований Джерард П. Койпер (ЗиВ, 2015, № 6). Его именем в свое время был назван один из астероидов, а также кратеры на Марсе, Меркурии и Луне. Одна из глобальных структур Солнечной системы – скопление малых тел за предела-

ми орбиты Нептуна – также была названа в честь ученого и известна как Пояс Койпера.

Вскоре после получения всех данных с борта АМС "Рейнджер-7" изображения в виде полного набора оригинальных фотографических снимков были оформлены в специальные наборы и распространены среди ведущих исследовательских организаций мира. Такой набор снимков был передан для изучения и в Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ.

Картографические съемки лунной поверхности, проведенные с борта кос-



Последний снимок, полученный АМС "Рейнджер-7", имел разрешение на лунной поверхности 0,5 м. Фото NASA

Область падения КА "Рейнджер-7".
Фрагмент "Обзорной карты
Луны". ГАИШ МГУ, ГЕОХИ РАН

мических аппаратов серии "Зонд", послужили исходным материалом для составления новых, более подробных карт Луны (ЗиВ, 2019, № 5). Перед началом осуществления лунных экспедиций по программе "Аполлон" руководитель этого проекта В. фон Браун обратился в Академию наук СССР с просьбой предоставить подготовленные в нашей стране карты лунной поверхности для использования в упомянутом проекте. В то время такими изданиями были карты, подготовленные в ГАИШ МГУ совместно с рядом производственных организаций, работавших в области геодезии и картографии. Эти материалы были переданы для использования в NASA и их качество получило высокую оценку специалистов.

СОКРОВИЩА МОРЯ МОСКВЫ

В процессе изучения Моря Москвы, обнаруженного на первых снимках обратной стороны Луны (1959 г.), вы-



яснилось, что эта практически единственная полноценная структура морского типа на обратном полушарии представляет собой довольно сложное и весьма интересное формирование.

Прежде всего, было обнаружено, что Море Москвы является частью сложного многокольцевого образования, типичного для лунных бассейнов ударного происхождения.

Существование этой кольцевой структуры подтвердили более поздние измерения высот в процессе работы АМС "Лунный орбитальный разведчик".

Основная структура кольцевого образования расположена почти на 1 км ниже среднего уровня для Луны. Собственно Море Москвы лежит на 8 км ниже возвышенностей, составляющих внешнее кольцо бассейна диаметром 640 км. Возможно, что среднее кольцо структуры,



Участники проекта:
специалист в области лунной картографии Э. Уитакер, научный руководитель проекта "Рейнджер" Д. Койпер и инженер Лаборатории реактивного движения Р. Хикок – обсуждают результаты полета "Рейнджер-7". На первом плане – модель космического аппарата "Рейнджер". 1964 г. Фото NASA

Атташе по культуре
посольства США Г. Швейцер
(в центре) вручает набор
оригинальных материалов
съемок, выполненных АМС
"Рейнджер-7", ведущему
специалисту в области лунно-
планетных исследований
Ю.Н. Липскому (слева). Справа –
П.Г. Куликовский. ГАИШ МГУ, 1965 г.
Фото Т.А. Бируля



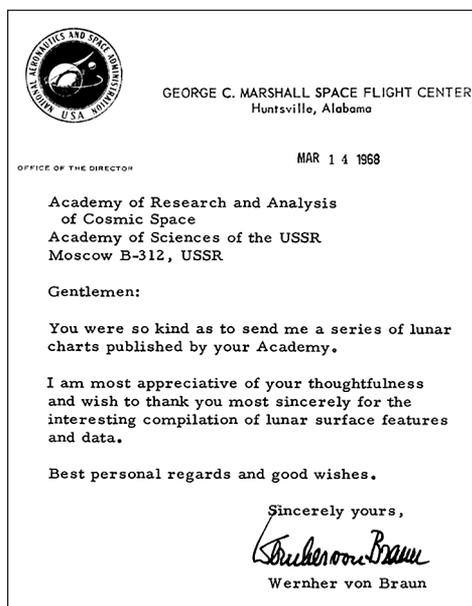
Копия письма В. фон Брауна
с благодарностью за передачу лунных карт
и с выражением высокой оценки качества
этих материалов. Из архива В.В. Шевченко

диаметр которого достигает 430 км,
сформировалось в процессе этого же
ударного события.

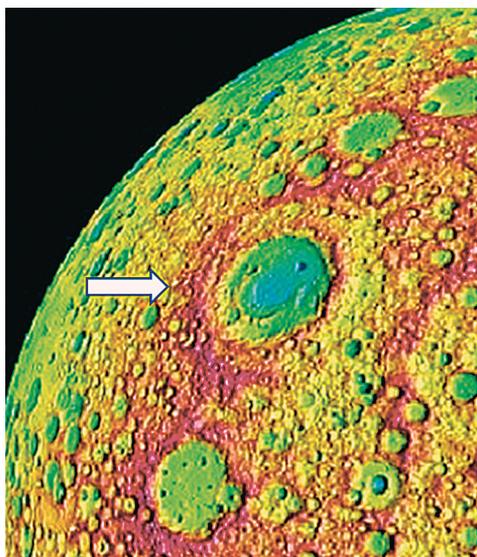
Современные исследования ведущих
планетологов рассматривают два сце-
нария формирования данной кольце-
вой структуры. Один из них предпола-
гает появление среднего кольца в про-
цессе одного падения космического
тела по траектории, имевшей значи-
тельным наклон к лунной поверхности
(косой удар).

Сценарий формирования бассейна
меньшего размера в пределах старой
и более крупной - уже существовавшей
ранее – депрессии может указывать на
падение двух ударников, следовавших
по одной и той же траектории один за
другим. Эта модель учитывает конфи-
гурацию смещенного кольца, а также
частичные остатки еще одного кольца
между основным и наружным и удли-
ненный характер дна всего бассейна.

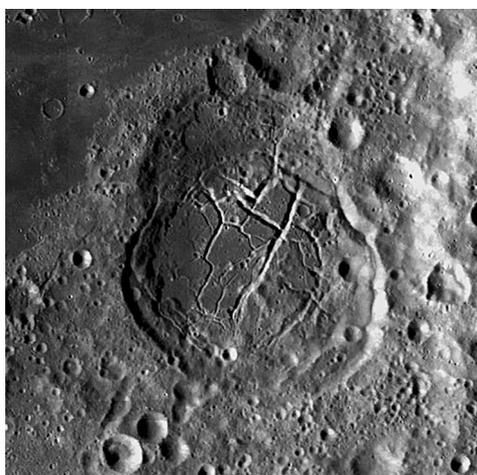
Результаты подсчета кратеров раз-
личных размеров в пределах рассмат-
риваемой области позволили заклю-
чить, что падение крупного тела, об-
разовавшего кольцевую структуру,
произошло в эпоху, которая в лунной



Область Моря Москвы. При данном
освещении четко просматривается
внешнее кольцо бассейна. Снимок получен
ИСЛ "Лунар орбитер-5". 1967 г. Фото NASA



Фрагмент карты высот обратного полушария Луны, полученной по данным измерений с помощью лазерного альтиметра, установленного на борту АМС "Лунный орбитальный разведчик". Кольцевая структура Моря Москвы указана стрелкой. Рисунок NASA



Кратер Комаров диаметром 80,4 км и глубиной 2,8 км. Возможно, примерно такие же разломы существуют под базальтовыми лавами Моря Москвы. Снимок сделан с борта АМС "Лунный орбитальный разведчик". Фото NASA

истории носит название Некторианского периода. Возраст этого события геологи оценивают величиной 3,9 млрд лет.

Морфологические особенности кратера Комаров, расположенного у юго-восточной окраины Моря Москвы, возможно, указывают на характер строения дна всей кольцевой структуры непосредственно перед началом ее заполнения потоками глубинных магматических интрузий. Логично предположить, что лавовые потоки выходили на поверхность именно через такие системы глубоких трещин, образовавшихся в процессе удара падавшего тела.

Последующие события вулканической деятельности, благодаря которым появились основные излияния базальтовой лавы, по оценкам исследователей, происходили в Позднеимбрийский период лунной истории.

Фотометрические и спектрональные измерения в области Моря Москвы, выполненные на основе современных снимков поверхности, показывают, что процесс заполнения дна кольцевой депрессии глубинными потоками лавы происходил в несколько этапов.

Интерпретация оптических свойств лунной поверхности в области разных лавовых потоков показывает, что эти районы имеют как различный химический состав, так и различный возраст выхода на поверхность. Застывшие лавовые потоки с более высоким значением альбедо (светлые), по оценкам исследователей, имеют возраст выхода на поверхность около 3,5 млрд лет. Основной химический состав этих образований соответствует базальтовым лавам.

Следы потоков с относительно низкой отражательной способностью (более темные) являются наиболее молодыми выходами на поверхность глубинных лав и характеризуются возрастом около 2,6 млрд лет.

Характерной особенностью химического состава лавовых потоков в Море Москвы является присутствие полевых шпатовых минералов.

В последнее время изучение химического состава поверхностных пород в Море Москвы с помощью спектральной съемки с орбиты преподнесло исследователям еще один сюрприз. Во время работы на окололунной орбите индийской АМС “Чандраян-1” (2008–2009 гг.; ЗиВ, 2009, № 2, с. 90–91) установленный на ее борту высокочувствительный спектрограф показал значительные залежи в Море Москвы редкого минерала – розовой шпинели. Известный на Земле минерал шпинель является кристаллической формой оксида алюминия и магния (алюминат магния). Минерал имеет вулканическое происхождение. Чистые формы его кристаллов считаются драгоценными камнями. В Море Москвы области обнаружения розовой шпинели оказались небольших размеров – всего 1 км². Предполагается, что эти поверхностные залежи сформировались под воздействием вулканического извержения, доставившего минерал из глубинных слоев Луны. Однако более точные данные о происхождении этой особенности лунного реголита получить пока не удалось.

Бассейн Моря Москвы представляет собой весьма интересную особенность Луны, которая дает возможность исследовать процессы ранней дифференциации лунной коры и последующий период более поздней магматической деятельности. Следует обратить внимание также на необычные свойства местной минералогии лунных пород, которые не были обнаружены во время коротких полетов по программам “Аполлон” и “Луна”. Дальнейшее изучение этого района Луны может привести к еще более глубокому пониманию магматической истории земного спутника и дру-



Область Моря Москвы. Наблюдается четкое различие в отражательных свойствах разных лавовых потоков, заполнивших внутреннюю депрессию кольцевой структуры Моря Москвы. Снимок получен в апреле 1970 г. с борта КК “Аполлон-13”. Фото NASA

гих тел Солнечной системы, которые в процессе своей эволюции проходили стадию дифференциации.

САМЫЙ КРУПНЫЙ КРАТЕР СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Любопытно, но самая крупная кольцевая структура Луны долгое время “скрывалась” от исследователей. Первые указания на ее существование были получены уже при фотографировании обратной стороны Луны АМС “Луна-3” в 1959 г. (ЗиВ, 2019, № 3). На восточном краю видимого диска угадывались окраинные структуры очень крупного образования, полные очертания которого скрывались за лимбом. При съемках обратного полушария Луны в 1965 г. АМС “Зонд-3” при-

знаки отдельных фрагментов крупной кольцевой структуры просматривались в области терминатора (ЗиВ, 2019, № 4). Но обнаружить полное изображение этого загадочного формирования опять не удалось.

В конце 1960-х гг. американские межпланетные станции серии “Лунар орбитер” (Lunar Orbiter) выполнили глобальное фотографирование Луны, но при интерпретации этих снимков образование без сплошного лавового покрова и резких границ не было зафиксировано.

Первые данные о рельефе этого образования были получены аппаратами “Зонд-6” (1968) и “Зонд-8” (1970) (ЗиВ, 2019, № 5). Исследования лунного лимба по новым снимкам показали, что в данном районе действительно существует громадная депрессия диаметром более 2 000 км и глубиной до 5–7 км.

Таким образом, о крупнейшей кольцевой структуре на Луне до 1990-х гг. было известно очень мало. Первые полные данные об этом образовании были получены только в результате съемок в 1994 г. с борта АМС “Клементина” (Clementine; ЗиВ, 1997, № 5), которая выполнила долговременные исследования с окололунной орбиты. Многозональная съемка, проведенная этим аппаратом, показала, что поверхность кольцевой структуры содержит больше FeO и TiO₂, чем лунные материки, и поэтому более темная. Позже состав поверхности был уточнен с помощью гамма-спектрометра, установленного на борту АМС “Лунар проспектор” (Lunar Prospector, 1998 г.; ЗиВ, 2001, № 1).

Итак, природа и происхождение уникального образования, до сих пор условно называемого “бассейн Южный полюс – Эйткен” размером 3 500 км, остается одной из наиболее важных проблем в современных исследованиях Луны. Бассейн, который, по-видимому, по времени образования относится к До-нектарскому периоду лунной истории

(около 3,9 – 4,3 млрд лет назад), является наиболее крупным кольцевым образованием не только на поверхности Луны, но и во всей Солнечной системе. Обращают на себя внимание не только его размеры в абсолютной шкале, но также и то, что его диаметр практически совпадает с диаметром самой Луны. Подобное соотношение не наблюдается на других телах Солнечной системы силикатного или ледяного состава.

Особенности строения лунного гигантского бассейна сразу же привлекли к себе особое внимание, поскольку появилась гипотетическая возможность обнаружить среди древних выбросов образцы пород нижних слоев коры или даже верхней мантии. Как полагают исследователи, история первых ~700 млн лет существования Луны как сформировавшегося небесного тела отмечена появлением на ее поверхности 43–45 ударных бассейнов диаметром более 300 км. Этот процесс способствовал экскавации и распространению по лунной поверхности фрагментов пород из глубинных слоев лунной коры. Тем более вероятным кажется отождествить и исследовать с помощью дистанционных или прямых методов подобные образцы внутри или в окрестностях бассейна Южный полюс – Эйткен, поскольку это образование относится к наиболее древним, имеет наибольшие размеры и, соответственно, его донные участки должны проникать на наибольшую глубину.

Вместе с тем детальные исследования структуры бассейна Южный полюс – Эйткен, выполненные в разное время, нельзя полагать завершенными и ряд вопросов строения и генезиса этого уникального образования требуют дополнительного изучения.

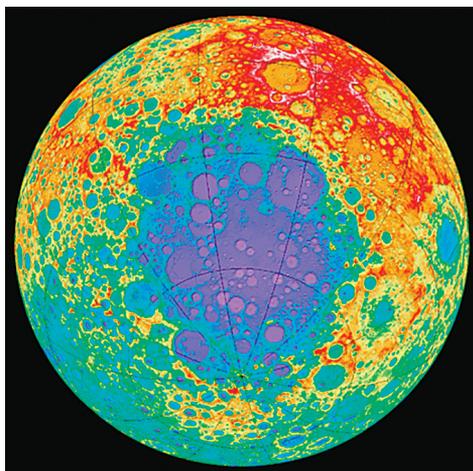
Предварительные оценки возраста данного образования сходятся на величине около 4 млрд лет. В течение последующих периодов лунной истории процессы модификации самой кольцевой

структуры и наложение многочисленных ударных кратеров более позднего происхождения в значительной степени исказили первоначальные формы бассейна. В связи с этим возникают трудности отождествления границ бассейна путем геологического дешифрирования по деталям окружающего рельефа. В большинстве случаев детали, относившиеся непосредственно к морфологии колец первоначальной структуры, полностью или почти полностью были разрушены в процессе возникновения более поздних кратерных форм.

Первая современная карта высот для большей части кольцевого образования была построена благодаря измерениям, полученным АМС "Клементина". Впоследствии другие орбитальные аппараты исследовали рельеф кольцевой структуры еще детальнее.

По первоначальным оценкам того времени поперечник гигантской впадины оценивался величиной около 2500 км. В ГАИШ МГУ были выполнены исследования мегарельефа обратного полушария с целью реконструкции самого внешнего кольца бассейна. Выяснилось, что внешнее кольцо бассейна прослеживается по системе возвышенностей в северо-западной, северной, северо-восточной и восточной части кольцевой структуры.

Основным выводом из анализа полученной рельефной модели является выделение кольца положительных форм рельефа, которые с большой долей вероятности соответствуют положению и размерам первоначального внешнего кольца сложной структуры бассейна. Наиболее сохранившиеся формы первоначальной структуры содержатся в северо-западном и северо-восточном сегментах кольца (направление на север вверху изображения). Хребтовая часть образования, располагающаяся между районом кратера Циолковский и южной окраи-

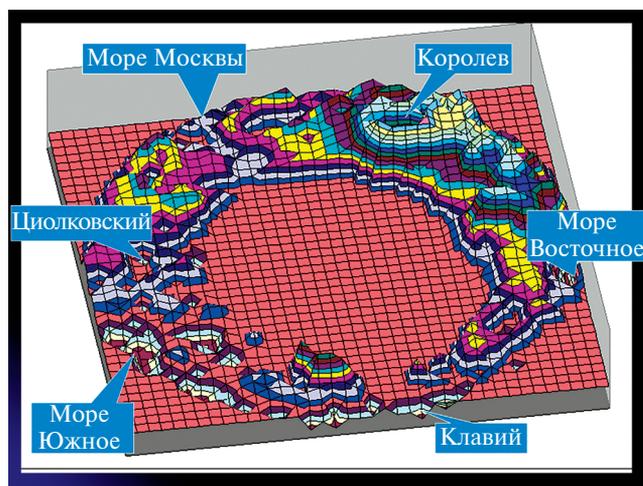


Карта высот, основанная на данных, полученных АМС "Лунный орбитальный разведчик" (красным обозначены возвышенности, синим – низменности). Рисунок NASA

ной впадины Моря Москвы, достигает в своей наиболее возвышенной части около +3 км. Северо-восточный сегмент включает хребтовые участки с высотами до +7–8 км в области от района кратера Королёв до района западной окраины внутренней впадины Моря Восточного.

Предполагая наличие некоторой круговой симметрии первоначальной структуры внешнего кольца бассейна, можно оценить параметры общих размеров этого уникального по величине лунного образования. Если принять в качестве условной внешней границы образования срединную область протяженных хребтов, диаметр образования в среднем можно оценить величиной 3500 км.

Несмотря на то, что общий перепад высот в бассейне Южный полюс – Эйткен достигает значительной величины – более 16 км, первичное глубинное проникновение этой структуры оказывается относительно небольшим с учетом громадных размеров всего



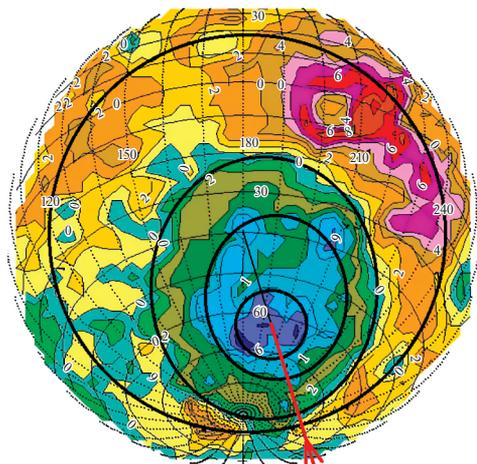
Структура внешнего кольца бассейна Южный полюс – Эйткен (3D-проєкция). На изображении отмечено положение некоторых известных деталей рельефа лунной поверхности. Рельеф показан относительно нулевой поверхности, соответствующей сфере с радиусом 1738 км. Интервал сечения изогипс составляет 0,5 км. Вертикальный масштаб увеличен по сравнению с линейным масштабом. Гипсометрическая структура внутренней части депрессии не показана. ГАИШ МГУ, 2007 г.

образования. Существенное видоизменение структуры бассейна интенсивной ударной переработкой поверхности в течение миллиардов лет не уничтожило, однако, некоторые следы процесса его первоначального формирования. Многочисленные дистанционные исследования состава поверхностного материала внутри бассейна и в пределах его ближайших окрестностей показали, что породы первоначального ударного плавления составляют не менее 15% современного поверхностного реголита. Этот материал, в котором, согласно спектральным данным, преобладают нориты в сочетании с мафическими породами, возможно, представляет обнаженное в процессе формирования бассейна вещество нижней коры и верхней мантии Луны или переплавленный при ударе аналог этих пород.

В ГАИШ МГУ был проведен комплексный анализ особенностей распре-

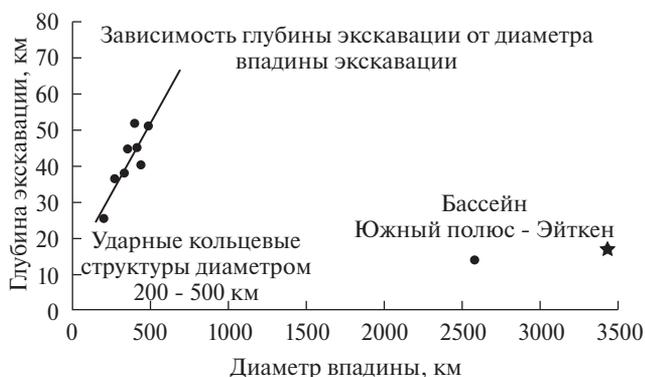
деления в пределах бассейна Южный полюс – Эйткен химического состава поверхностных пород и рельефа. В результате удалось выявить несколько колец, образующих эту структуру, и некоторые характеристики падавшего тела.

Уникальной особенностью рассматриваемого лунного образования является отличие от центрально-круговой симметрии в расположении внутренних колец бассейна. Подтверждением реальности такой модели строения бассейна является систематический четко выраженный сдвиг центров отдельных колец в одном направлении: к юго-востоку от центра внешнего кольца.



Многокольцевая структура бассейна Южный полюс – Эйткен и предполагаемое направление траектории падения гипотетического ударника. Система изолиний соответствует распределению высот деталей мегарельефа в данной области. ГАИШ МГУ, 2007 г.

*Зависимость глубины
экскавации от диаметра
соответствующих
крупных депрессий на
лунной поверхности.
Размеры бассейна Южный
полюс – Эйткен указаны по
результатам предыдущих
исследований (точка)
и согласно оценкам,
сделанным в ГАИШ МГУ
(звездочка)*



Это направление составляет угол с плоскостью лунного экватора (или плоскостью эклиптики, что в первом приближении одно и то же) около 75° . Если предположить, что обнаруженное смещение центров внутренних депрессий явилось следствием косога падения тела, образовавшего бассейн Южный полюс – Эйткен, то не исключено, что указанное направление можно интерпретировать как след траектории движения упавшего небесного тела непосредственно перед контактом с лунной поверхностью.

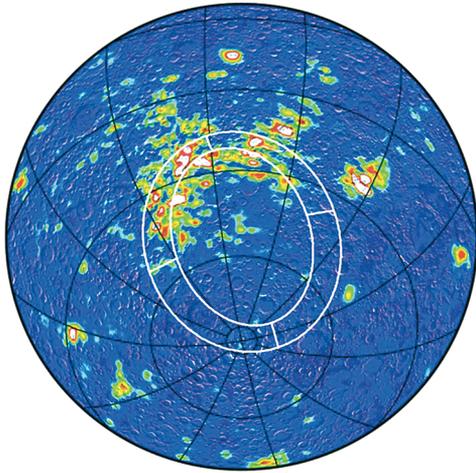
Не вдаваясь в подробности моделирования самого ударного процесса, можно указать на два достоверных факта. Гипотетический ударник двигался по траектории (или орбите) почти нормально ориентированной к плоскости эклиптики. Из известных нам к настоящему времени крупных объектов Солнечной системы такими орбитами обладают долгопериодические кометы или объекты Пояса Койпера, что, возможно, одно и то же. Поскольку астероиды или планетезимали прошлого имели орбиты, близкие к плоскости эклиптики (или к плоскости допланетного диска), это в значительной степени уменьшает вероятность ударного образования данного бассейна в результате падения таких тел.

В недавних работах ряда исследователей содержатся прямые указания на

то, что ударник, образовавший бассейн Южный полюс – Эйткен, относился к иной популяции тел, чем ударники, в результате падения которых возникли все другие лунные бассейны. Эти результаты можно обобщить на диаграмме зависимостей глубины экскавации значительных по размерам лунных депрессий от их размера.

В предыдущих работах рядом исследователей были высказаны утверждения, что уменьшение соотношения “глубина–диаметр” в ударных структурах происходит при прочих равных условиях в результате уменьшения плотности вещества ударника. Предполагается, что расчетная средняя плотность ударника может быть существенно меньше 2 г/см^3 .

Исходя из этих двух положений, можно сделать гипотетический вывод, что уникальные особенности природы бассейна Южный полюс – Эйткен могут проистекать из необычного процесса его образования в результате падения тела кометного типа. В то же время, весьма распространенным представлением о природе тел Пояса Койпера является их классификация как ядер комет значительных размеров в неактивном состоянии. Оценки численности транснептуновых объектов говорят о весьма значительном их количестве (ЗиВ, 1999, № 5). Однако расположение этих объектов на периферии Солнеч-



Магнитные аномалии в области бассейна Южный полюс – Эйткен, обнаруженные по данным магнитометрических измерений с борта АМС “Лунар проспектор”. 1998 г. Иллюстрация NASA

ной системы накладывает общее ограничение на их суммарную массу, что неизбежно приводит к заключению о чрезвычайно малой средней плотности рассматриваемых объектов.

Обоснования того, что в предполагаемый период возникновения бассейна Южный полюс – Эйткен (около 4 млрд лет назад) среди основных типов ударников преобладали именно объекты Пояса Койпера или гигантские кометные тела из Облака Оорта, можно найти в работах ряда исследователей последних лет (ЗиВ, 2008, № 6).

В качестве подтверждения предлагаемой гипотезы могут рассматриваться и некоторые данные о магнитных аномалиях на лунной поверхности.

Авторы эксперимента по магнитометрическим измерениям с борта АМС “Лунар проспектор” и интерпретаторы его результатов считают, что наиболее заметное скопление аномалий в северной части бассейна Южный полюс – Эйткен могло появиться в результате выбросов

вещества ударника, имевшего сильную степень намагниченности. Следует напомнить, что лунные породы, как и вся Луна в целом, не обладают собственной намагниченностью. Распределение магнитных аномалий внутри кольцевой структуры и за ее пределами согласуется с моделью выбросов в северном и северо-западном направлениях при косом падении ударника. В этих исследованиях отмечается, что ударник мог падать под углом 45° к лунной поверхности со скоростью 15 км/с.

Появление магнитных аномалий в данном случае согласуется с известными фактами возникновения локальной намагниченности реголита в области диффузных структур (в англоязычной терминологии – swirls), которые по наиболее распространенной версии являются следами падений на лунную поверхность комет.

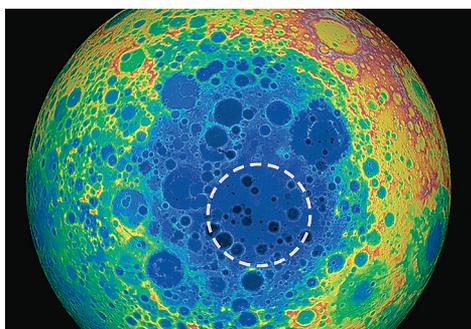
ЗАГАДКИ ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ ПРОДОЛЖАЮТ МНОЖИТЬСЯ

В январе 2012 г. на окололунную орбиту была выведена система из двух спутников, предназначенная для высокоточных измерений гравитационного поля Луны (ЗиВ, 2012, № 2, с. 35–36). По измерениям ИСЛ “GRAIL-A” и “GRAIL-B”, следовавших друг за другом по практически одной орбите, на расстоянии друг от друга от 175 до 225 км, была составлена карта аномалий гравитационного поля Луны. Среди всего огромного объема этой новой информации особой сенсацией оказалось обнаружение громадной гравитационной аномалии в центре бассейна Южный полюс – Эйткен. Авторы открытия предложили такое наглядное представление о загадочном образовании – глыба металла в пять раз больше острова Гавайи, расположенная на глубине 300 км под лунной поверхностью.

Одним из первых объяснений происхождения такой гравитационной аномалии было предложено наличие “застывшего” в лунной мантии железно-никелевого ядра астероида, в результате падения которого около 4 млрд лет назад образовался бассейн Южный полюс – Эйткен.

Однако, такое простое объяснение противоречило многим уже установленным фактам, в том числе оно не согласовывалось с морфологической структурой бассейна.

Сознавая это, группа ученых предложила и другую версию происхождения необычной находки. Не исключено, что образование под самым большим лунным кратером – это плотное скопление оксидов, возникших на последних стадиях застывания глубинного океана лунной магмы. В публикации о новом открытии авторы выразили надежду, что благодаря дальнейшей работе космических миссий по изучению Луны они смогут со временем узнать больше о происхождении и составе открытой

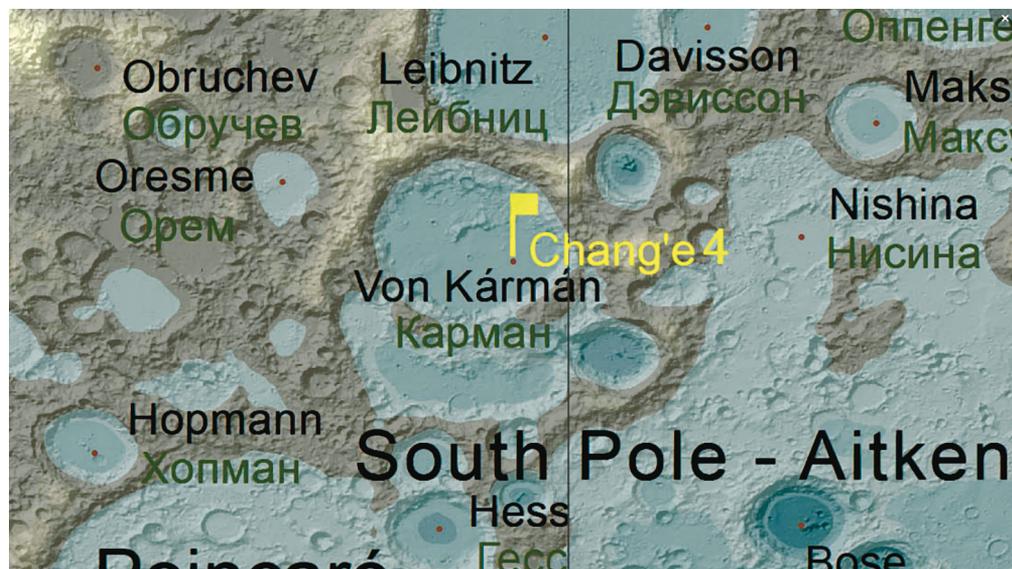


Положение гравитационной аномалии внутри бассейна Южный полюс – Эйткен. Иллюстрация NASA

ими аномалии. Они также добавили, что бассейн Южный полюс – Эйткен является одной из лучших естественных лабораторий для изучения катастрофических столкновений в прошлом лунно-планетной истории.

И в этом они, конечно, не ошиблись.

В начале января 2019 г. впервые в истории лунных исследований автоматическая станция “Чанъэ-4” (Китай; ЗиВ, 2019, № 1, с. 86–88), совершила



Место посадки АМС “Чанъэ-4” в кратере Фон Карман. Фрагмент “Обзорной карты Луны”. ГАИШ МГУ, ГЕОХИ РАН

мягкую посадку на обратной стороне Луны. Космический комплекс “Чанъэ-4” состоит из стационарной лунной станции, на борту которой находился луноход “Юйту-2”. Запущенный в декабре 2018 г. ИСЗ связи “Цюэцяо” выполняет роль спутника-ретранслятора для связи космического комплекса с Землей. Место посадки АМС “Чанъэ-4” было выбрано внутри бассейна Южный полюс – Эйткен в кратере Фон Карман диаметром 219 км.

Уже на начальной стадии новой миссии первые сигналы с обратной стороны Луны, поступившие на Землю, принесли очередную сенсацию. И эти данные опять касались внутреннего строения Луны и ее истории.

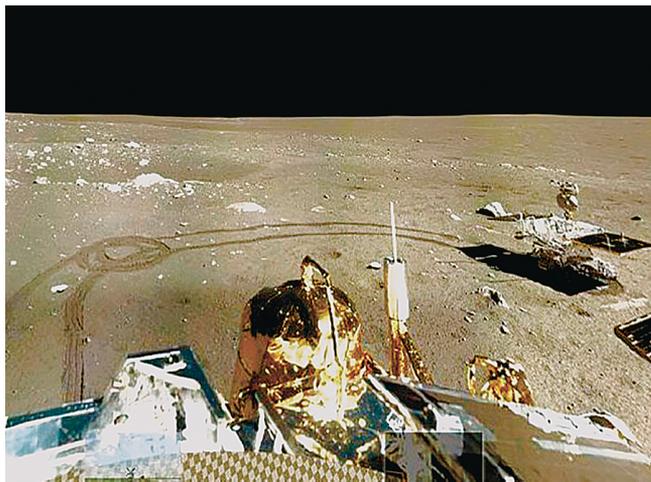
Согласно установленным на сегодня фактам, недра Земли и Луны формировались по разным сценариям. В отличие от нашей планеты недра ее спутника остыли достаточно быстро, через несколько десятков миллионов лет после формирования небесного тела. Это могло привести к тому, что в результате дифференциации лунные недра должны быть сложены из относительно однородных и одинаковых по составу пород. Чтобы проверить эти предположения, исследователям нужно было отыскать “видимые” следы лунной мантии

в достаточно глубоких и древних кратерах, полагая, что при своем возникновении эти образования могли достигнуть ее границы.

Однако за минувшие десятилетия ни один лунный зонд не смог найти достаточно существенных следов пород мантии в крупнейших кратерах на Луне. Это заставило ряд исследователей усомниться в справедливости принятой модели и искать иные версии механизмов формирования лунных недр.

До отправки “Чанъэ-4” на Луну у планетологов не было нужных данных, так как все образцы лунного вещества, доставленные на Землю, являются фрагментами лунной коры, в которых пироксен и оливин, две предполагаемых главных породы мантии, почти полностью отсутствуют.

Луноход “Юйту-2”, по словам китайских исследователей, натолкнулся на оба типа этих пород практически сразу же после того, как он покинул посадочный модуль и начал двигаться по дну кратера Фон Карман. Как предполагают исследователи, источником этих включений мог оказаться один из ближайших кратеров. В любом случае, это открытие больше не позволяет говорить о том, что мантия Луны не содержит оливина и пироксена. Дальнейшие эксперименты, которые китайские ученые планируют провести с помощью “Юйту-2”, помогут проверить и другие версии, описывающие рождение Луны, и понять, какая из них наиболее близка к реальности.



Посадочная станция “Чанъэ-4” и луноход “Юйту-2” на лунной поверхности. 2019 г. Фото NAOJ/CNSA



Восьмой лунный день пребывания посадочной станции “Чанъэ-4” и лунохода “Юйту-2” на обратной стороне Луны преподнес очередную неожиданную находку. В процессе своего движения луноход получил изображения необычного по виду вещества в одном из небольших ударных кратеров диаметром 2 м. Находка оказалась столь интригующей, что команда сопровождения лунохода выполнила довольно сложные перемещения аппарата, для того, чтобы получить более подробные и четкие изображения при наиболее благоприятных условиях освещения. Эти исследования были продолжены, и в сентябре текущего года китайские исследователи опубликовали серию снимков данного района.

После долгих усилий наиболее качественная информация была получена и передана на Землю. В своих первых комментариях специалисты Китайского национального космического управления (CNSA) определили неизвестную субстанцию как “гелеобразное вещество с необычной структурой и загадочным блеском”. Более подробные сведения, в том числе и результаты спектрального анализа, в первых сообщениях отсутствовали.

По мнению некоторых зарубежных исследователей, внешний вид вещества напоминает образец ударного стекла, найденный во время миссии “Аполлон-17” в декабре 1972 г. (ЗиВ, 1973, № 5). Как известно, удары метеоро-

Следы шасси лунохода показывают, какие сложные маневры были выполнены аппаратом для более подробного изучения загадочной находки. Небольшой кратер, в котором было обнаружено необычное вещество, расположен справа от центра снимка. Фото NAOC/CNSA

ритов, падающих с высокой скоростью, могут расплавлять вещество реголита, образуя стекловидные, магматические и кристаллические структуры.

Исследования обратной стороны Луны, начатые полетом АМС “Луна-3”, продолжаются и на этой долгой дороге нас, несомненно, ожидают еще многие открытия.



Снимок изучаемого кратера, полученный луноходом “Юйту-2” с наиболее близкого расстояния. Внутри просматривается участок цветного изображения, по которому исследователи могут определить состав вещества. В нижних углах снимка видны изображения колес лунохода. Фото NAOC/CNSA
