

ЗЕМЛЯ №4 (328) ИЮЛЬ-АВГУСТ 2019

И

астрофизика
космонавтика
планетология

ISSN 0044-3948

ВСЕЛЕННАЯ

РЕСУРСЫ БЛИЖНЕГО КОСМОСА, ИЛИ ЗАЧЕМ НАМ ЛУНА?

МАЛЫЕ КРАТЕРЫ И КАМНИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

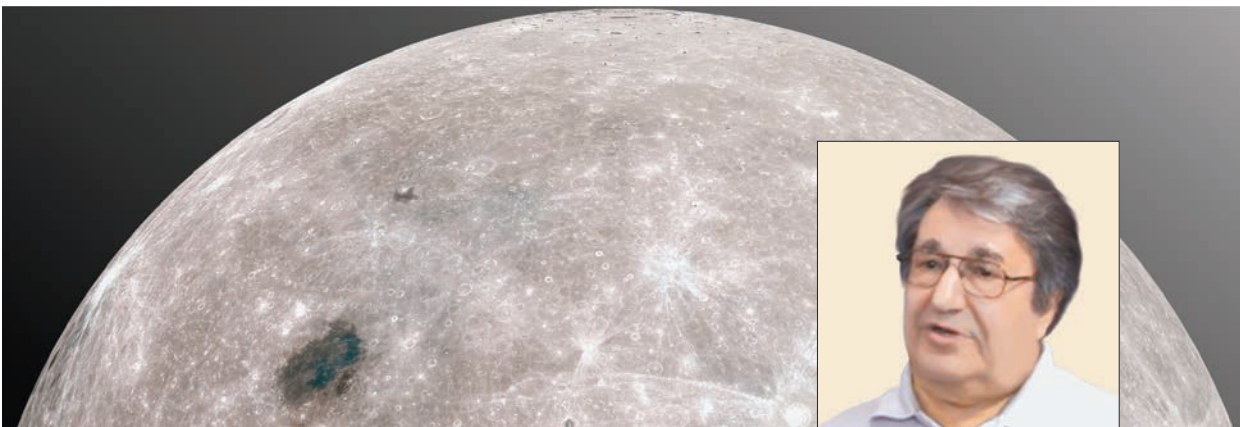
НЕРАЗГАДАННЫЕ ТАЙНЫ ЛУНЫ



ИСТОРИЯ ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ
ЛУНЫ ПРОДОЛЖАЕТСЯ

ОБ ОСВОЕНИИ ЛУНЫ
ПЛАНЫ И БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

КАК МОРЕ ВОСТОЧНОЕ ОКАЗАЛОСЬ НА ЗАПАДЕ (история обратной стороны Луны продолжается)



В.В. ШЕВЧЕНКО,

доктор физико-математических наук

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

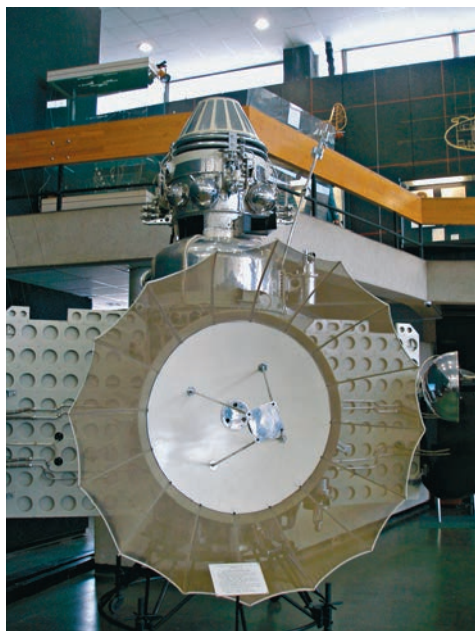
DOI: 10.7868/S00044394819040017

Исследования невидимого с Земли полушария Луны, начатые в 1959 г. при запусках первых космических лунников, были продолжены в 1965 г. с использованием новой серии космических аппаратов. Автоматические межпланетные станции “Зонд” предназначались для изучения Венеры и Марса. Одна из первых АМС этого типа, “Зонд-3” была направлена к Луне для отработки новой съемочной аппаратуры. В процессе облета земного спутника были получены изображения обратной стороны, оставшиеся за пределами съемок, выполненных в 1959 г. В результате этого эксперимента появились возможности составления карты и глобуса Луны, покрывающих уже почти 90% всей лунной поверхности.

НАЧАЛО ЛУННОЙ ПРОГРАММЫ “ЗОНД”

До середины 1960-х гг. восточная часть обратной стороны Луны оставалась неизвестной. В 1962–1965 гг. в ОКБ-1 (ныне РКК “Энергия” им. С.П. Королёва), руководимом академиком

С.П. Королёвым, было разработано новое поколение унифицированных автоматических межпланетных станций серии ЗМВ для исследования Солнечной системы, в частности для полетов к Венере и Марсу. На стадии отработки новых аппаратов один из них (первая станция этой серии стартовала 11 ноября 1963 г.), получивший название



Макет АМС "Зонд-3"
в Государственном музее истории
космонавтики им. К.Э. Циолковского (Калуга)

"Зонд-3", был направлен в дальний космос с предварительным облетом Луны с целью получения и передачи на Землю новых снимков ее обратной стороны.

20 июля 1965 г. АМС "Зонд-3" пролетела на минимальном расстоянии 9220 км от лунной поверхности и передала на Землю 25 снимков восточного сектора обратной стороны Луны, полученных с помощью новой, более совершенной фототелевизионной системы (ЗиВ, 1965, № 4). Использовалась специальная камера с фокусным расстоянием 106,4 мм, светосилой 1:8 и специальная 25-мм фотопленка, защищенная от воздействия космической радиации. Экспозиции равнялись 1/100 и 1/300 с.

К этому времени установились прочные научные связи между Отделом физики Луны и планет, руководимым известным астрономом, доктором физико-математических наук

Ю.Н. Липским, и ОКБ-1 С.П. Королёва. В кооперации с ЦНИИГАиК создавались лунные карты на районы будущих посадок автоматических станций, обсуждались места для высадки космонавтов. Ю.Н. Липский занимал официальную должность научного консультанта ОКБ-1. Поэтому вопрос о том, кому поручить научную обработку материалов новой космической съемки Луны, перед С.П. Королёвым не стоял. Как только с борта АМС "Зонд-3" были переданы первые изображения, Сергей Павлович вызвал Юрия Наумовича с группой сотрудников для оперативной обработки поступающих данных.

Научная группа была размещена рядом с кабинетом С.П. Королёва (в кабинете его заместителя и давнего соратника, одного из пионеров ракетостроения, М.К. Тихонравова; ЗиВ, 1980, № 5; 2000, № 4). В течение лета были получены первые результаты и подготовлены первые публикации. Вскоре по предложению С.П. Королёва было подготовлено правительственное решение о создании на основе полученных данных второй части "Атласа обратной стороны Луны" и серии лунных карт и глобусов, обеспечивающих продолжение и развитие лунной программы исследований. Руководителем всего комплекса работ был назначен Ю.Н. Липский (ЗиВ, 2009, № 6).

В ГАИШ МГУ была разработана методика привязки снимков невидимого полушария по опорным пунктам видимой стороны, составлены фотокарта и каталог более 3000 новых образований. В результате обобщения результатов съемок АМС "Луна-3" (октябрь 1959 г.; ЗиВ, 2009, № 4) и "Зонд-3" было окончательно установлено асимметричное строение лунного шара, так как базальтовые излияния, образующие лунные моря, расположены преимущественно на видимой стороне. На обратной стороне были выявлены

крупные кольцевые депрессии диаметром 400–600 км и более, не заполненные лавой. Одному из таких крупных образований диаметром более 400 км и глубиной 3300 м впоследствии было присвоено название Королёв, в честь Главного конструктора ракетно-космических систем.

В январе 1966 г. С.П. Королёв неожиданно ушел из жизни в самый разгар работ над материалами съемок “Зонда-3” (его внимание к научным исследованиям Луны было постоянным и весьма активным). Многие организационные вопросы и вопросы, связанные с материальной и финансовой поддержкой работ, проводимых Ю.Н. Липским и его коллегами, решались при действенном вмешательстве С.П. Королёва (их последний телефонный разговор состоялся в последний рабочий день Главного конструктора). Сергей Павлович предупредил, что ложится на несколько дней в больницу и пообещал по возвращении сразу же обсудить состояние работ.

После смерти С.П. Королёва создавалась сложная ситуация с выполнением комплекса работ, руководимых Ю.Н. Липским (ЗиВ, 2000, № 2). Новое руководство ОКБ-1 не интересовалось научной стороной проблемы. Тесное сотрудничество разработчиков лунной космической программы с исследователями Луны было прервано.

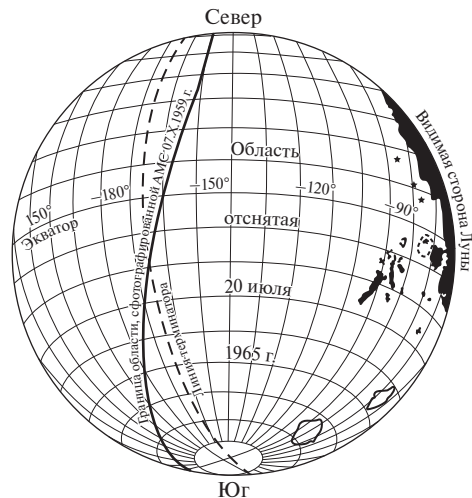


Схема обратной стороны Луны с указанием территорий, сфотографированных АМС “Луна-3” 7 октября 1959 г. и АМС “Зонд-3” 20 июля 1965 г.

В этот трудный период кооперация ученых из Москвы, Киева, Харькова и Ленинграда, созданная под руководством Ю.Н. Липского, получила активную поддержку со стороны другого пионера и корифея космических исследований в нашей стране, Главного конструктора ракетных двигателей академика В.П. Глушко (ЗиВ, 1998, № 5; 2008, № 4; 2018, № 6). Будучи не только выдающимся создателем самых мощных в мире ракетных двигателей, но и не менее выдающимся ученым со стратегическим складом

Фрагмент изображения обратной стороны Луны, переданного с борта АМС “Зонд-3”. В левой части, вблизи терминатора, расположена крупная кольцевая депрессия, названная впоследствии именем С.П. Королёва





Обложка Атласа обратной стороны Луны (часть II). Издательство "Наука", 1967 г.

мышления, Валентин Петрович прекрасно понимал всю важность фундаментальных научных исследований для определения целей и задач космических проектов.

Все последующие годы, вплоть до самой смерти Ю.Н. Липского, их связывали тесные, плодотворные отношения. Когда В.П. Глушко в должности Генерального конструктора возглавил НПО "Энергия" (1974–1989), возобновились работы по лунной тематике. В комплексном проекте создания обитаемой лунной базы В.П. Глушко поручил Ю.Н. Липскому и его сотрудникам астрономическое обеспечение всех работ, в частности выбор места будущего базирования.

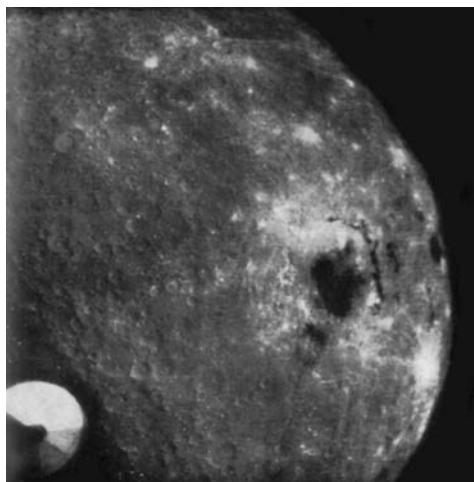
Благодаря поддержке В.П. Глушко в 1967 г. была успешно завершена подготовка второй части "Атласа обратной стороны Луны", первой в мире Полной карты Луны и полного глобуса Луны.

Авторский коллектив "Атласа обратной стороны Луны" (часть 2) во главе с Ю.Н. Липским посвятил это издание памяти С.П. Королёва.

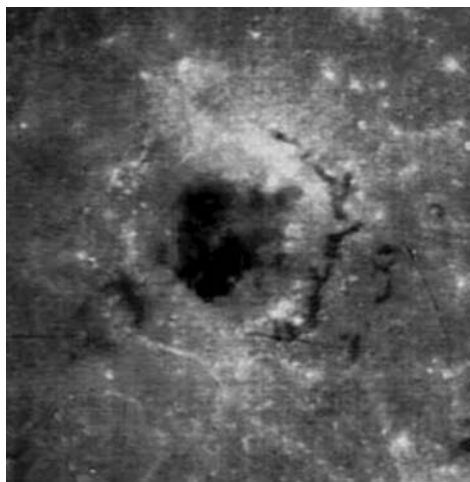
МОРЕ ВОСТОЧНОЕ, КОТОРОЕ ОКАЗАЛОСЬ НА ЗАПАДЕ

Возникшая путаница со странами света на Луне объяснялась тем, что в докосмическую эпоху карты, снимки и другие справочные материалы при использовании имели телескопическую ориентацию. Исследователям было привычнее рассматривать все графические лунные материалы так, как если бы они наблюдались через телескоп – "юг наверху, север внизу, восток справа, запад слева". Море Восточное расположено примерно на границе видимого полушария. При благоприятной либрации наблюдатели могли на самом краю видимого диска различать окраинные структуры этого кольцевого образования. Поскольку при традиционной ориентации в телескоп эти детали просматривались на условном "востоке", практически невидимое с Земли формирование получило название Моря Восточного.

В 1961 г. Международным астрономическим союзом было принято решение о перемене в лунных исследованиях сторон света "восток–запад" местами, поскольку такая ориентация соответствует ситуации современных наблюдений лунного шара из космоса. Так Море Восточное оказалось на западной окраине видимого с Земли полушария Луны. Но космические съемки, выполненные с борта АМС "Зонд-3", опять показали, что название Моря Восточного соответствует его положению на поверхности лунного шара. На видимом диске Луны, наблюдаемом из космоса со стороны обратного полушария, Море Восточное располагается у восточного края диска.



Снимок обратного полушария Луны, полученный АМС "Зонд-3", на котором Море Восточное располагается у восточного края видимого диска (справа)



Участок лунной поверхности на одном из снимков, полученных АМС "Зонд-3", на котором просматривается в деталях структура внешних колец Моря Восточного

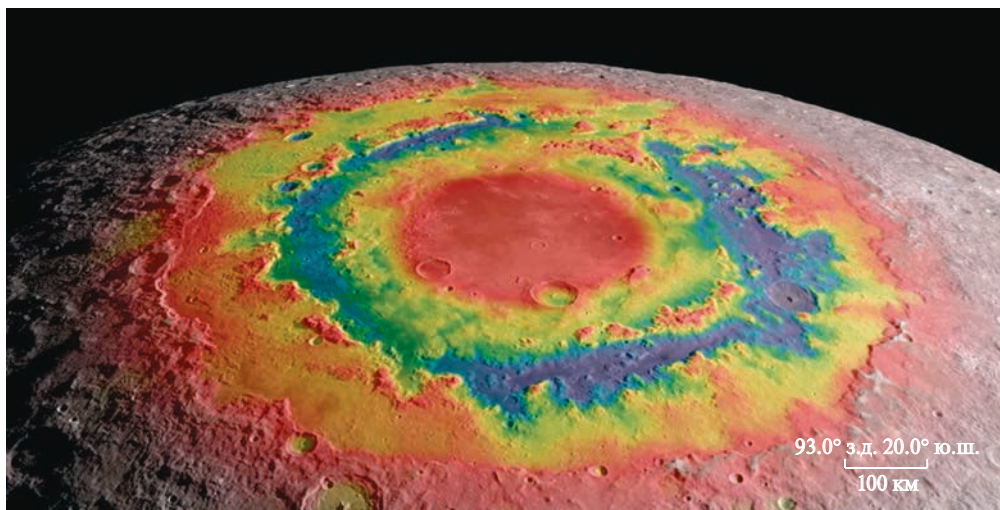
Море Восточное – одна из самых поразительных крупномасштабных деталей на поверхности Луны. Как оказалось, изучение всей структуры Моря Восточного открыло перед исследователями новые детали процессов возникновения ударных кольцевых образований на спутнике Земли. Центральная котловина, диаметром 960 км, образовалась из-за столкновения с астероидом более трех миллиардов лет назад. Удар вызвал волновые движения в лунной коре, благодаря которым и возникли три внешние концентрические окружности возвышенностей. Расплавленная лава из лунных недр заполнила место соударения, образовав темную гладкую поверхность, а также области между внешними кольцевыми структурами горного типа.

Исследователи давно пытались разгадать причину образования столь необычного ландшафтного явления на поверхности земного спутника. Но окончательное решение сформировалось уже в наше время, спустя почти полвека после первых снимков Моря Восточ-

ного, полученных АМС "Зонд-3". Начатая в 2011 г. программа NASA "GRAIL" по изучению гравитационного поля и внутреннего строения Луны позволила построить подробные гравитационные карты Моря Восточного и его окрестностей (научная программа завершилась в конце мая 2012 г.; ЗиВ, 2012, № 2, с. 35–36; 2012, № 6, с. 34).

Моделирование, проведенное на основании подробных гравитационных карт, показало, что Море Восточное было образовано падением объекта диаметром около 64 км, летевшего со скоростью примерно 14 км/с. Специалисты смогли понять, как верхние слои лунной коры восстановились после удара: теплые и пластичные породы из недр Луны текли по направлению к точке удара. Этот внутренний поток образовал скалы высотой несколько километров, которые и составляют внешние два кольца.

Планетологи считают, что на Земле, Марсе и других объектах Солнечной системы имеется много подобных объектов, однако из-за более активных



Фрагмент гравитационной карты области Моря Восточного, построенной по данным, полученным в процессе осуществления программы "GRAIL" по изучению гравитационного поля и внутреннего строения Луны. 2011–2012 гг. По данным NASA

геологических процессов, сейчас уже трудно понять их историю. Луна в этом смысле – уникальная астрономическая лаборатория, сохранившая память о древних событиях в истории Солнечной системы.

НЕСОСТОЯВШЕЕСЯ ОТКРЫТИЕ

Первые изображения наиболее крупной в Солнечной системе кольцевой структуры, известной теперь как бассейн "Южный полюс – Эйткен", были получены АМС "Луна-3" во время первого фотографирования обратной стороны Луны в 1959 г. Но качество снимков и полнолуны для этой территории условия освещения не позволили исследователям тогда уверенно интерпретировать характер наблюдаемого образования. Плановое положение этой структуры, наблюдавшейся по четырем фотографическим изображениям на краю видимого диска, определялось центральным потемнением с поперечником примерно 1500 км и координа-

тами центра 179° в.д. и 50° ю.ш. На карте, которая была составлена в 1960 г. по фотографиям, полученным 7 октября 1959 г. АМС "Луна-3", образование было обозначено как "Море Мечты".

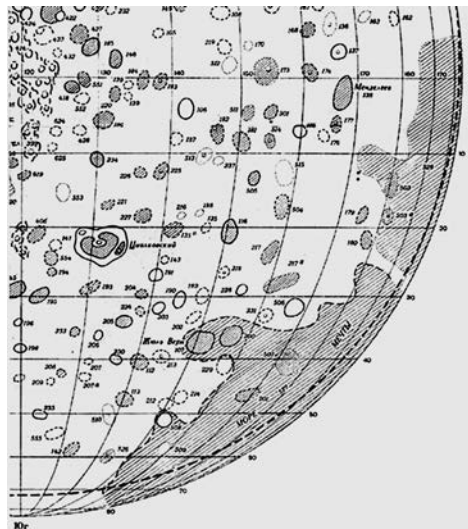
Современные параметры бассейна были определены по снимкам, переданным с АМС "Галилео" (ЗиВ, 2004, № 3), а также по снимкам и результатам лазерной альтиметрии, полученным с АМС "Клементина". Согласно этим данным, общий диаметр кольцевой структуры составляет около 3500 км. Размер центральной части кольцевой структуры бассейна достигает 1400 км. По современным определениям, селенографические координаты центра этого самого большого во всей Солнечной системе кольцевого образования составляют 180° долготы и 50° ю.ш.

Можно заключить, что предварительная идентификация бассейна Ю.Н. Липским и его сотрудниками в 1959 г. была вполне надежной. В первых описаниях западной части структуры отмечалось, что ее поверхность включает многочисленные кратеры и кратерные моря. Это

также полностью совпадает с современным представлением о характере дна бассейна “Южный полюс – Эйткен” (ЗиВ, 2014, № 2).

Приведу еще один любопытный пример морфологического анализа рассматриваемой области. Известный канадский исследователь Ф. Дж. Стук через несколько лет после съемок обратной стороны Луны АМС “Зонд-3” попробовал путем проекции изображений на сферический экран совместить снимки, полученные в 1959 и 1965 гг. Результат получился очень впечатляющим. Следы кольцевой структуры просматриваются в обоих случаях. Особенно это заметно на снимках, полученных АМС “Зонд-3”, благодаря боковому освещению горных цепей.

Однако на появившихся во второй половине 1960-х гг. снимках американских АМС “Лунар Орбитер” планетологи не смогли обнаружить признаки очертаний гигантского бассейна. В результате этого границы всего образования были уменьшены и название “Море Мечты” закреплено только за небольшой темной структурой (диаметром около 270 км) в северо-западной части бассейна. На последующих съемках структура “Южный полюс – Эйткен” просматривается во всех подробностях, что привлекает к этому образованию особое внимание. Уникальной особенностью кольцевого образования является отличие от центрально-круговой симметрии в расположении внутренних колец бассейна, что может указывать на движение гипотетического ударника по траектории (или орбите), почти нормально ориентированной к плоскости эклиптики. В сочетании с выявленным очень малым соотношением “глубина – диаметр” в первоначальной структуре бассейна, это обстоятельство позволяет выдвинуть гипотезу о падении гигантской кометы,



Схематическая часть первой карты обратной стороны Луны, построенной по снимкам, полученным АМС “Луна-3” (1959 г.), на котором в виде темного образования, обозначенного как “Море Мечты”, просматривается крупнейшая в Солнечной системе кольцевая структура



Изображение обратной стороны Луны, полученное совмещением на сферическом экране снимков с АМС “Луна-3” и “Зонд-3” (в кружке кольцевая структура указана стрелками). По данным Ф. Дж. Стук

сформировавшем бассейн “Южный полюс – Эйткен”.

Последующие более подробные съемки, сделанные АМС “Зонд-5, -6, -7, -8”, полностью подтвердили предварительные данные о данной кольцевой структуре. Об этом будет рассказано в дальнейшем.

ПЕРВЫЕ ПОЛНЫЕ ГЛОБУС И КАРТА ЛУНЫ

С учетом снимков, полученных первыми фотоаппаратами обратной стороны Луны – автоматическими космическими станциями “Луна-3” и “Зонд-3”, исследователям стали доступны примерно 90% территории лунного шара.

Это позволило впервые в мире построить полный глобус Луны и полную карту Луны, отображающих оба лунных полушария – видимое с Земли и обратное. Глобус Луны стал очень популярным наглядным пособием в учебном процессе, при научно-популярных мероприятиях и в различных формах пропаганды современных достижений космических исследований. Следует отметить, что многие космические проекты по изучению Луны в первом приближении рассматривались также с использованием лунного глобуса. Лунные глобусы появились в кабинетах многих руководителей космической отрасли.

Увеличенные копии лунного глобуса демонстрировались на различных выставках, в музеях и планетариях. Один



Ученые и преподаватели ГАИШ МГУ у первого полного глобуса Луны: М.У. Сагитов, Ю.П. Псковский, Ю.Н. Липский и Н.Б. Григорьева. 1967 г.



Генеральный конструктор В.П. Глушко и генерал А.К. Керимов (слева) при обсуждении лунных проектов. А.К. Керимов многие годы был председателем Госкомиссии по летным испытаниям пилотируемых космических кораблей. В течение 25 лет он принимал окончательное решение о запуске всех космических кораблей с космонавтами. Лунные глобусы использовались высшими руководителями космической отрасли на начальном этапе обсуждения новых проектов. 1970-е гг.

из таких больших глобусов украшал отечественную экспозицию на всемирной выставке в Монреале в 1967 г. Когда в 1970 г. Московский государственный университет посетил первый человек, побывавший на Луне – Н. Армстронг, он оставил свой автограф на лунном глобусе, который теперь хранится в музее ГАИШ МГУ.

Полная карта Луны, первое издание которой вышло в свет в 1967 г., имела масштаб 1:5 000 000 (в одном сантиметре карты умещается 50 км лунной территории), она была издана на 9 листах. Все последующие, более подробные издания полной карты Луны сохраняли этот формат.

Первая полная карта Луны была подготовлена под научным руководством Ю.Н. Липского совместно ГАИШ МГУ и Топографо-геодезической службой СССР. Для данной карты была специально разработана так называемая произвольная цилиндрическая проекция, построенная при условии, что искажения углов не превосходили $\pm 5^\circ$ в области широт $\pm 50^\circ$. Площади образований на крайних параллелях $\pm 60^\circ$ увеличены на карте в два раза, в то время как, например, в проекции Меркатора эти детали были бы увеличены в 4 раза. Полярные области на карте изображены в равноугольной азимутальной проекции. На двух листах карты (7 и 8) был приведен практически полный список всех лунных наименований форм рельефа в русской и латинской транскрипции. Редактором изданий первых полных карт и глобусов с 1966 г. являлась сотрудник Отдела исследований Луны и планет ГАИШ МГУ Ж.Ф. Родионова (ЗиВ, 2015, № 2).

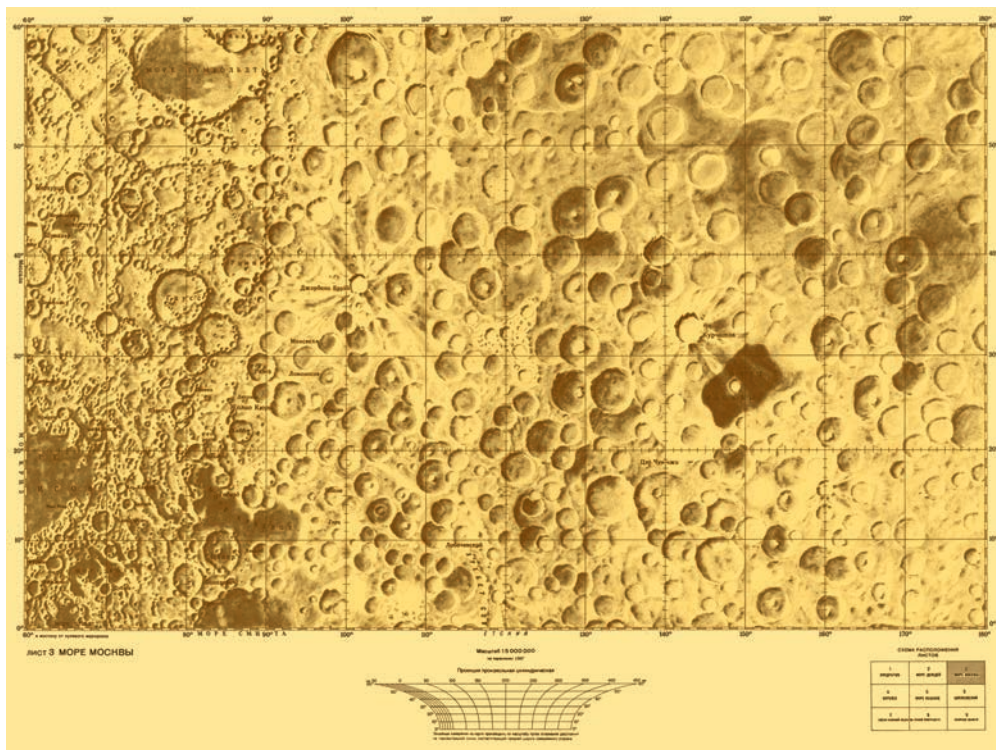
Первая полная карта Луны позволила ввести в научный оборот информацию о всей поверхности Луны. На листах карты была хорошо передана разница двух основных типов поверхности: материкового (занимает 83%



Американский астронавт Нейл Армстронг ставит автограф на лунном глобусе на изображении Моря Спокойствия, где совершил посадку КК "Аполлон-11", выделяя особо две даты – день своего выхода на лунную поверхность и день посещения МГУ. 1970 г.



Автограф, оставленный американским астронавтом Нейлом Армстронгом на лунном глобусе во время посещения астронавтом Московского университета. 1970 г.



Лист №3 первого издания полной карты Луны (60–180° в.д.), 1967 г. На территории, относящейся к обратному полушарию, выделяется темная область Моря Москвы. К северо-западу изображен кратер Джордано Бруно – центр крупной системы светлых лучей

всей поверхности, характеризуемого высоким альбедо, значительными неровностями и большим количеством кратеров) и морского типа (составляет 17% поверхности, отличающегося низким альбедо, пониженным, относительно ровным рельефом и меньшим количеством крупных кратеров). В общей сложности на листах полной карты Луны было показано свыше 10 тыс. образований.

Яркостные особенности лунной поверхности на карте были переданы вариациями тона цветовой отмывки. Для этого предварительно составлялся макет границ областей различного альбедо. Сведения о яркостных особенностях поверхности значительно повышают информативность карты. В настоящее

время установлено, что степень отражающей способности лунного материала определяет химический состав пород. Величина альбедо лунной поверхности может использоваться в качестве предварительного указания на тип пород, имеющих преимущественное распространение в том или ином районе. Кратеры с лучевыми системами, представляющими собой длинные, светлые, радиально исходящие из кратера полосы, также были показаны на карте, хотя эти образования можно увидеть лишь при отвесно падающих лучах Солнца.

Первая полная карта Луны с момента своего появления сразу стала широко применяться для решения важных научных задач: получения количественных показателей, например, площадей

Космонавт П.Р. Попович преподносит полную карту Луны президенту Югославии И.Б. Тито во время своего визита в эту страну. 1967 г.



морей, бассейнов и кратеров, проведения районирования по одному или нескольким признакам, выявления пространственных закономерностей, а также для анализа распределения по поверхности характерных форм рельефа.

Созданная в Отделе исследований Луны и планет ГАИШ МГУ карта получила широкое распространение в ка-

честве наглядного примера выдающихся на тот момент достижений отечественной космической науки и техники. Не один раз эта карта служила достойным подарком на разных уровнях международного сотрудничества нашей страны с другими государствами.

О прогрессе в создании лунных карт и глобусов на мировом уровне будет рассказано в дальнейшем.