

УДК 528.94:523.34

КАРТА ПРИПОЛЯРНЫХ ОБЛАСТЕЙ ЛУНЫ ОТ ПАРАЛЛЕЛЕЙ $\pm 55^\circ$

© 2024 г. Е. А. Гришакина ^{a,*}, Ж. Ф. Родионова ^b, Е. А. Феоктистова ^b,
Е. Н. Слюта ^a, В. В. Шевченко ^b

^a Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия

^b Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: orskatya@mail.ru

Поступила в редакцию 25.12.2023 г.

После доработки 22.01.2024 г.

Принята к публикации 09.02.2024 г.

Описаны результаты создания карты приполярных областей Луны. Карты ограничены параллелями $\pm 55^\circ$, чтобы показать место падения аппарата Луна-25. В статье также дан краткий обзор космических миссий на Луну.

Ключевые слова: Луна, космические аппараты, полярные области, места посадок, места падений

DOI: 10.31857/S0320930X24040036, EDN: LUOBFX

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время полярные районы Луны представляются приоритетной целью для исследования. Основными деталями рельефа полярных областей Луны являются ударные кратеры. Малое наклонение оси вращения Луны к плоскости эклиптики (1.54°) обуславливает присутствие постоянно затененных областей в понижениях рельефа и постоянно освещенных областей на возвышенностях полярных районов. Обнаруженные некоторыми космическими аппаратами отложения летучих соединений и, в том числе, водяного льда в таких областях (Colaprete и др., 2010; Mitrofanov и др., 2012), являются важным фактором для создания постоянной лунной базы на поверхности спутника Земли. Ряд миссий различных стран в последние годы занимались изучением этих районов, включая японскую Kaguya (Kato и др., 2008), американские Lunar Prospector (Binder, 1998), LRO (Keller и др., 2016), LCROSS (Schultz и др., 2010), GRAIL A, GRAIL B (Zuber и др., 2013), индийские Chandrayaan-1, -2, -3 (Goswami, Annadurai, 2009; Padma, 2023; Stooke, 2019), Луна-25 (Зеленый и др., 2023).

Некоторые аппараты разбились о поверхность Луны либо в ходе ударного эксперимента, либо в ходе неудачной посадки. Например, в миссии LCROSS верхняя отработавшая ступень отделилась от КА *Shepherding* и совершила управляемое падение со скоростью 2.5 км/с в постоянно затененную область кратера Кабео с температурой на поверхности около 45 К. В точке падения с координатами -84.719° ю.ш. -49.610° в.д. (Heldmann и др., 2012) образовался кратер диаметром около 30 м. Облако выброса пыли и пара из кратера поднялось на высоту более 7 км и наблюдалось в отраженном солнечном свете в УФ-, видимом и ИК-диапазонах спектра с помощью научной аппаратуры на КА *Shepherding* и LRO, с орбитальных телескопов Earth Observing System и Hubble Space Telescope, и со многих (более 10) наземных телескопов. В облаке выброса по данным наблюдений, кроме воды, OH^- и молекулярного H_2 , был обнаружен обширный состав водородосодержащих летучих (H_2S , NH_3 , C_2H_2 , CH_3OH , CH_4 и др.), а также CO, Ca, Hg, Mg, Na и др. (Colaprete и др., 2010; Gladstone и др., 2010). В 1999 г. КА Lunar Prospector с капсулой с прахом выдающегося

американского геолога и планетолога Юджина Шумейкера был направлен в безымянный кратер диаметром 52 км, расположенный вблизи южного полюса Луны (Шевченко, 2001). На Генеральной ассамблее Международного Астрономического Союза (МАС) в 2000 г. этому кратеру присвоили название Шумейкер. Спускаемые посадочные аппараты КА Chandrayaan-1 в 2008 г., Chandrayaan-2 в 2019 г. и Луна-25 в 2023 г. совершили жесткую посадку. И только в августе 2023 г. первую мягкую посадку в южном приполярном районе Луны совершил индийский спускаемый аппарат КА Chandrayaan-3.

КОСМИЧЕСКИЕ МИССИИ НА ЛУНУ, СОВЕРШЕННЫЕ В 2023 Г.

Запуск российской посадочной станции Луна-25 11 августа 2023 г. прервал затянувшуюся почти на 50 лет после Луны-24 в 1976 г. паузу в отечественных лунных исследованиях. Были утверждены основной (69.55° ю.ш., 43.54° в.д.) и резервный (68.77° ю.ш., 21.21° в.д.) районы посадок, расположенные около 70-й параллели Южной полярной области (Дьячкова и др., 2021). Миссия включала две задачи: отработка современных средств доставки и бортовых служебных систем на основе новой элементной базы в процессе полета и посадки на Луну, и возобновление отечественных научных исследований Луны. При достаточно скромной полезной нагрузке миссии (около 30 кг), в состав комплекса научной аппаратуры (КНА) тем не менее входили восемь приборов (Митрофанов и др., 2021): нейтронный и гамма-спектрометр АДРОН-ЛР для изучения химического состава реголита и содержания воды в грунте, ионный энерго-масс-анализатор АРИЕС-Л для изучения потоков вторичных ионов и нейтральных газов, образованных при взаимодействии солнечного ветра с лунным грунтом, лазерный время-пролетный масс-спектрометр ЛАЗМА-ЛР для изучения химического состава реголита и летучих компонентов, ИК-спектрометр ЛИС-ТВ-РПМ для изучения минерального состава реголита и степени его гидратации, электростатический детектор пыли ПмЛ для изучения пылевой плазмы в приповерхностном слое лунной экзосферы, система технического зрения СТС-Л для ТВ-панорамной и стереосъемки лунной поверхности в зоне работы манипулятора, манипуляторный комплекс ЛМК для раскопок лунного грунта и подачи образцов в лазерный масс-спектрометр для их

анализа. Сбор научной и служебной информации от приборов КНА обеспечивал блок управления БУНИ. После вывода КА Луна-25 на трассу полета к Луне было проведено пробное включение и проверка работы всего КНА. Вся научная аппаратура сработала штатно и без отказов. К сожалению, из-за ошибки в работе бортового блока управления служебной аппаратуры при сходе с лунной орбиты на посадку отключение двигателя произошло нештатно, вместо запланированных 84 с он отработал 127 с. Согласно баллистическому анализу внештатной траектории полета космического аппарата, проведенного в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Луна-25 совершила жесткую посадку 19 августа 2023 г. в 14:58 по московскому времени в кратере Pontecoulant G диаметром 42 км, расположенном в южном полушарии. В указанном районе команда LRO на снимке, полученном 24 августа 2023 г., обнаружила небольшой новый кратер диаметром 10 м, расположенный на 57.865° ю.ш., 61.360° в.д.

Индийский посадочный модуль КА Chandrayaan-3 Vikram с луноходом Pragyan на борту осуществил мягкую посадку 23 августа 2023 г. в лунной местности с координатами 69.37° ю.ш. и 32.35° в.д., т.е. примерно в том же районе, в котором планировалась и посадка КА Луна-25. Комплекс научной аппаратуры на посадочном модуле Vikram состоял из четырех приборов: сейсмометра для изучения лунной сейсмической активности (ILSA), термозонда (ChASTE) для измерения распределения температуры в лунном грунте на глубину до 10 см, зонда Лэнгмюра (LP) для измерения температуры и плотности электронной плазмы лунной ионосферы и лазерного уголкового отражателя (LRA) для изучения динамической системы Земля–Луна. На борту небольшого лунохода Pragyan с массой 26 кг размещались два научных прибора: спектроскоп лазерного пробоя (LIBS) для изучения элементного состава лунного грунта и рентгеновский спектрометр альфа-частиц (APXS) для определения основных породообразующих элементов (Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe) в лунном грунте (ISRO, 2023). Посадочный модуль вместе с луноходом успешно отработали в течение всего оставшегося лунного дня до 4 сентября и передали на Землю уникальную научную информацию (Padma, 2023). За это время луноход Pragyan проехал более 100 м. Это была первая мягкая посадка космического аппарата в Южной приполярной области Луны.

СОЗДАНИЕ КАРТЫ ПРИПОЛЯРНЫХ ОБЛАСТЕЙ ЛУНЫ ОТ ПАРАЛЛЕЛЕЙ $\pm 55^\circ$

Для создания Карты приполярных областей Луны от параллелей $\pm 55^\circ$ мы использовали цифровую модель рельефа Луны, построенную по данным лазерного высотомера (LOLA) КА Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) с точностью 0.5 км на пиксель. Высоты на карте отсчитаны от сферы со средним радиусом 1737.4 км. Максимальная пластичность и высокие эстетические качества изображения рельефа полярных областей Луны (рис. 1, рис. 2) на карте получены путем применения метода многоцветной гипсометрической окраски с дополнением легкой серой отмывки (Берлянт, 2002). При этом использовано программное обеспечение ArcGIS 10.1. Для отображения высотных уровней на карте разработана переменная шкала высот, включающая 16 уровней от +8 км до –9 км. Общий перепад высот на всей Луне составляет около 20 км. На карте подписаны собственные наименования основных лунных образований на латыни, в соответствии с решениями МАС, и на русском языке. Для названий на русском языке использовалась книга “Наименования форм рельефа Луны” (Пугачева и др., 2022), содержащая более 2000 названий деталей рельефа Луны. Данный каталог построен на основе справочника именованных лунных объектов, утвержденного МАС. В каталоге все наименования сгруппированы в таблицы согласно морфологическому типу образования: болота, борозды, горы, гряды, долины, заливы, кратеры, моря, мысы, озера, океан, равнины, сбросы, цепочки. Перевод названий именованных деталей лунного рельефа на русский язык осуществлялся по правилам транскрипции и транслитерации названий.

Карта приполярных областей Луны составлена Институтом геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН и Государственным астрономическим институтом им. П.К. Штернберга Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Составитель: Е.А. Гришакина; редакторы: Ж.Ф. Родионова, Е.А. Феоктистова; научные редакторы: Е.Н. Слюта, В.В. Шевченко. Карта приполярных областей Луны размещена на сайте ГЕОХИ РАН (<http://portal.geokhi.ru/Lab41/SitePages/Maps-of-the-Moon.aspx>), причем ее можно увеличивать с хорошим разрешением.

НАСТОЯЩИЕ И БУДУЩИЕ ПОЛЕТЫ К ЛУНЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Залежи льда и других летучих соединений Луны могут стать ценным ресурсом для исследователей, астробиологов и создателей будущей лунной базы. Первый южнокорейский лунный космический аппарат Danuri стартовал 5 августа 2022 г. С помощью камеры ShadowCam, разработанной NASA, передал новые снимки кратера Шеклтон с разрешением 1.7 м на пиксель, на внутреннем склоне которого наблюдается борозда, проделанная скатившимся камнем.

— Японская межпланетная станция SLIM (Smart Lander for Investigating Moon) массой 200 кг запущена к Луне 7 сентября 2023 г. на борту ракетоносителя H-IIA из космического центра Танэгасима. Установленный на модуле аппарат предназначен для изучения содержания металлов в лунном грунте. Мягкая посадка осуществлена 19 января 2024 г. с точностью 55 м на склоне кратера диаметром 270 м с японским женским именем Сиори (координаты: 13.33° ю.ш.; 25.23° в.д.). Этот маленький кратер находится на видимой стороне Луны в кратере Кирилл к северо-западу от Моря Нектара. Непосредственно перед посадкой от станции отделился небольшой аппарат Lunar Exploration Vehicle-1, чтобы исследовать место высадки. Кроме того, на борту посадочного аппарата находился шарообразный ровер SORA-Q, разработанный JAXA в сотрудничестве с Tohyo Sony Group и Университетом Дошиша. Ровер весит 250 г и оснащен двумя небольшими камерами. Япония стала пятой страной, осуществившей мягкую посадку на Луну после Советского Союза, США, Китая и Индии.

— В мае 2024 г. китайская автоматическая межпланетная станция Chang'e-6 станет второй китайской возвращаемой экспедицией, в рамках которой планируют осуществить сбор проб лунного грунта на обратной стороне естественного спутника Земли. Chang'e-6 станет продолжением миссии Chang'e-6 2020 г., которая собрала 1731 г лунного материала из Океана Бурь. По данным CNSA, Chang'e-6 с массой 8200 кг запустят на ракете Changzhen-5. Планируется, что аппарат прилунится в южной части бассейна Аполлон, расположенной на 150° – 158° з.д. и 41° – 45° ю.ш. (восточнее места посадки аппарата Chang'e-4). Посадочный модуль впервые попытается доставить с обратной стороны Луны около 2 кг породы, собранной как с поверхности, так и с помощью бура.

— Китай планирует искать замерзшую воду возле Южного полюса Луны с помощью

специального детектора, который доставит аппарат Chang'e-7 в конце 2026 г. Миссия Chang'e-7 будет состоять из орбитального и посадочного модулей (несущего луноход и летающий минизонд). Летающий минизонд будет производить исследования постоянно затененных зон кратеров. Аппарат будет оборудован анализаторами воды и изотопов водорода. Межпланетная станция Chang'e-7 доставит также небольшой луноход Объединенных Арабских Эмиратов — Rashid-2, в район южного полюса Луны. Точное место посадки пока не определено, но вероятно, связано с программой Artemis.

— Американская компания United Launch Alliance 8 января 2024 г. запустила к Луне ракету Vulcan с первым частным лунным посадочным модулем Peregrine Mission One, разработанным компанией Astrobotic Technology для будущих миссий NASA. Предполагаемое место посадки — Sinus Viscositatis возле вулканических куполов Груйтуйзена. Это первый испытательный полет создаваемой с 2014 г. ракеты-носителя, которая больше не будет зависеть от российских двигателей РД-180. Планировалось, что Peregrine достигнет Луны 23 февраля 2024 г. Кроме научной нагрузки, на борту аппарата была и коммерческая — от компаний Elysium Space и Celestis. Они занимаются “похоронами в космосе”. Пепел умерших на Земле людей в этой миссии предполагалось доставить на Луну. Коммерческая нагрузка миссии содержала останки и биологический материал 70 человек и одной собаки. Однако по данным компании-разработчика Astrobotic Technology, через десять часов после запуска выяснилось, что двигательная установка аппарата не функционирует, произошла утечка топлива, и Peregrine направился к Земле, где аппарат сгорел в плотных слоях ее атмосферы. В связи с этой неудачей NASA на год отложило запуск миссий, предусматривающих пилотируемый облет Луны (Artemis-2) и посадку на нее с экипажем (Artemis-3) из-за технической неготовности. Пока состоялся лишь первый беспилотный полет к Луне в конце 2022 г. Но уже к 2032 году, во время миссии Artemis-8 США планируют доставку оборудования для лунной базы.

— Автоматическая лунная орбитальная станция Луна-26 является второй в четверке запланированных лунных зондов 1-го этапа Российской лунной программы. Запуск аппарата Луна-26 планируется на 2027 г. Основными научными задачами КА Луна-26 являются: дистанционное изучение лунной поверхности, построение топографической карты лунной поверхности,

определение структуры и состава недр, поиск богатых водородом регионов, определение химического и элементного состава реголита, определение неоднородности лунного гравитационного поля, изучение состава и динамики экзосферы, исследования взаимодействия солнечного ветра и Луны, исследования лунных магнитных аномалий и соответствующей динамики плазмы, исследование микрометеорных потоков и вторичных пылевых облаков вокруг Луны (Слюта и др., 2021a), также он будет ретранслятором сигналов со следующей станции Луны-27.

— Запуск российской автоматической межпланетной станции Луна-27 запланирован на 2028 г. Это часть российской лунной программы первого этапа, в которой предусмотрены дистанционные исследования с помощью орбитальной станции Луна-26, а также посадочного аппарата, который будет исследовать поверхность в районе южного полюса Луны. Научные приборы станции Луна-27 предназначены для выполнения исследований около параллели -80° , определения содержания воды и других летучих компонентов в лунном грунте, а также изучения химического и минерального состава, структуры, физико-механических, теплофизических и электромагнитных свойств лунного реголита, пылевой и плазменной экзосферы Луны (Слюта и др., 2021b; Дьячкова и др., 2022).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Карта приполярных областей Луны составлена в Полярной стереографической проекции в масштабах 1:6 000 000 и 1:11 500 000. Северная и южная приполярные области ограничены параллелями $\pm 55^\circ$ для того, чтобы показать место падения аппарата Луна-25. Рельеф лунной поверхности показан методом многоцветной гипсометрической окраски с дополнением аналитической отмывки (Берлянт, 2002) на основе цифровой модели по данным лазерного альтиметра LOLA KA Lunar Reconnaissance Orbiter. На карте ромбиками отмечены места падений КА Lunar Prospector, Chandrayaan-1, -2, LCROSS, Kaguya, GRAIL A, GRAIL B, Луна-25. Место мягкой посадки КА Chandrayaan-3 отмечено флажком.

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН). Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлянт А.М. Картография: Учебник для вузов. М.: Аспект Пресс, 2002. 336 с.
2. Дьячкова М.В., Митрофанов И.Г., Санин А.Б., Литвак М.Л., Третьяков В.И. Характеристика мест посадки космического аппарата Луна-25 // Астрон. вестн. 2021. Т. 55(6). С. 522–541. (Djachkova M.V., Mitrofanov I.G., Sanin A.B., Litvak M.L., Tretyakov V.I. Characterization of the Luna-25 landing sites // Sol. Syst. Res. 2021. V. 55. № 6. P. 509–528.)
3. Дьячкова М.В., Митрофанов И.Г., Санин А.Б., Литвак М.Л., Третьяков В.И. О выборе района посадки космического аппарата Луна-27 // Астрон. вестн. 2022. Т. 56. № 3. С. 158–168. (Djachkova M.V., Mitrofanov I.G., Sanin A.B., Litvak M.L., Tretyakov V.I. Selecting a landing site for the Luna-27 spacecraft // Sol. Syst. Res. 2022. V. 56. № 3. P. 145–154.)
4. Зеленый Л.М., Митрофанов И.Г., Третьяков В.И., Литвак М.Л., Калашников Д.В., Суров А.В., Прохоров В.Г. Научная программа исследований космического аппарата “Луна-25” // Автоматический космический аппарат нового поколения “Луна-25” — от исследований к освоению лунных ресурсов. Т. 1 / Ред.: Зеленый Л.М., Ефанов В.В., Ширшаков А.Е. Химки: АО “НПО Лавочкина”, 2023. С. 8–28.
5. Митрофанов И.Г., Зеленый Л.М., Третьяков В.И., Калашникова Д.В. Луна-25: первая полярная миссия на Луну // Астрон. вестн. 2021. Т. 55(6). С. 497–508. (Mitrofanov I.G., Zelenyi L.M., Tretyakov V.I., Kalashnikov D.V. Luna-25: the first polar mission to the Moon // Sol. Syst. Res. 2021. V. 55. № 6. P. 485–495.)
6. Пугачева С.Г., Родионова Ж.Ф., Скобелева Т.П., Феоктистова Е.А., Шевченко В.В. Наименования форм рельефа Луны. М.: One Book, 2022. 144 с.
7. Слюта Е.Н., Высочкин В.В., Иванов В.В., Маковчук В.Ю., Назаров А.И., Погонин В.И., Роскина Е.Г., Сафронов В.В., Тацкий Л.П. Прибор МЕТЕОР-Л на лунном орбитальном аппарате Луна-26: детектор космической пыли // Астрон. вестн. 2021а. Т. 55. № 5. С. 444–453. (Slyuta E.N., Yssochkin V.V., Ivanov V.V., Makovchuk V.Y., Nazarov A.I., Pogonin V.I., Roskina E.A., Safronov V.V., Tatsiy L.P. METEOR-L device on the lunar orbital vehicle Luna-26: space dust detector // Sol. Syst. Res. 2021a. V. 55. № 5. P. 437–445.)
8. Слюта Е.Н., Маров М.Я., Дунченко А.Г., Маковчук В.Ю., Морозов О.В., Назаров А.И., Иванов В.В., Погонин В.И., Роскина Е.Г., Сафронов В.В., Харлов Б.Н., Тацкий Л.П. Эксперимент ТЕРМО-ЛР на посадочном аппарате Луна-27: изучение теплофизических, физико-механических и электромагнитных свойств лунного грунта // Астрон. вестн. 2021б. Т. 55. № 5. С. 454–475. (Slyuta E. N., Marov M. Ya., Dunchenko A. G., Makovchuk V. Yu., Morozov O. V., Nazarov A. I., Ivanov V. V., Pogonin V. I., Roskina E. G., Safronov V. V., Kharlov B. N. and Tatsiy L. P. TERMO-LR Experiment on the Luna-27 Lander: Study of Thermophysical, Physicomechanical, and Electromagnetic Properties of the Lunar Soil // Sol. Syst. Res. 2021b. V. 55. № 5. P. 446–466.)
9. Шевченко В.В. Лунар Проспектор погиб, проблемы остались // Земля и Вселенная. 2001. № 1. С. 23–33.
10. Binder A.B. Lunar Prospector: Overview // Science. 1998. V. 281. № 5382. P. 1475–1476.
11. Colaprete A., Schultz P., Heldmann J., Wooden D., Shirley M., Ennico K., Hermalyn B., Marshall W., Ricco A., Elphic R.C., and 7 co-authors. Detection of water in the LCROSS ejecta plume // Science. 2010. № 330. 463–468.
12. Gladstone G.R., Hurley D.M., Retherford K.D., Feldman P.D., Pryor W.R., Chaufray J.-Y., Versteeg M., Greathouse T.K., Steffl A. J., Throop H., and 10 co-authors. LRO-LAMP observations of the LCROSS impact plume // Science. 2010. V. 330. P. 472–476.
13. Goswami J.N., Annadurai M. Chandrayaan-1: India's first planetary science mission to the Moon // Current Sci. 2009. V. 96. № 4. P. 486–491.
14. Heldmann J.L., Colaprete A., Wooden D.H., Ackermann R.F., Acton D.D., Backus P.R., Bailey V., Ball J.G., Barott W.C., Blair S.K., and 80 co-authors. LCROSS (Lunar Crater Observation and Sensing Satellite) Observation Campaign: Strategies, Implementation, and Lessons Learned // Space Sci. Rev. 2012. V. 167. P. 93–140.
15. ISRO (Indian Space Research Organization) <https://www.isro.gov.in/Chandrayaan3.html>.
16. Kato M., Sasaki S., Tanaka K., Iijima Y., Takizawa Y. The Japanese lunar mission SELENE: Science goals and present status // Adv. Space Res. 2008. V. 42. P. 294–300.
17. Keller J.W., Petro N.E., Vondrak R.R., the LRO team. The Lunar Reconnaissance Orbiter mission — Six years of science and exploration at the Moon // Icarus. 2016. V. 273. P. 2–24.
18. Mitrofanov I., Litvak M., Sanin A., Malakhov A., Golovin D., Boynton W., Droege G., Chin G., Evans L., Harshman K., and 14 co-authors. Testing polar spots of water-rich permafrost on the Moon: LEND observations onboard LRO // J. Geophys. Res. 2012. V. 117. № 27. id. E00H27. <https://doi.org/10.1029/2011JE003956>

19. *Padma T.V.* India's Moon mission: four things Chandrayaan-3 has taught scientists // *Nature*. 2023. V. 621. P. 456.
20. *Schultz P.H., Hermalyn B., Colaprete A., Ennico K., Shirley M., Marshall W.S.* The LCROSS cratering experiment // *Science*. 2010. V. 330. P. 468–472.
21. *Stooke Phil.* Lunar Landing Sites, U.S. Geological Survey, Univ. Western Ontario, 2019. 1 printed sheet.
22. *Zuber M.T., Smith D.E., Watkins M.M., Asmar S.W., Konopliv A.S., Lemoine F.G., Melosh H.J., Neumann G.A., Phillips R.J., Solomon S.C., and 7 co-authors.* Gravity field of the Moon from the Gravity Recovery and Interior Laboratory (GRAIL) mission // *Science*. 2013. V. 339. P. 668–671.
23. https://www.rbc.ru/technology_and_media/03/10/2023/651c1cc89a794726acd9f8e4?from=copyhttps://nauka.tass.ru/nauka/19688463https://tass.ru/kosmos/19688783https://tass.ru/kosmos/19688857https://tass.ru/kosmos/19689701https://tass.ru/kosmos/19689949
24. <http://shadowcam.sese.asu.edu/images/1284>
25. <https://www.nasa.gov/feature/nasa-moon-camera-mosaic-sheds-light-on-lunar-south-pole>
26. <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2023/lro-luna-25-impact>