

Кандидат физико-математических наук

С.М. Комаров

Полеты к спутникам

*Наши дальние предки первой в пещеру
запускали женщину: если там притаился
медведь, он съест ее,
а ценный для племени охотник
не пострадает.*

Народная мудрость

В Солнечной системе есть два чрезвычайно важных для космонавтики спутника планет. Это Луна, спутник Земли, и Титан, спутник Сатурна. Луна нужна человечеству как средство, которое наконец-то позволит выйти из колыбели и сделать решительный шаг в освоении космического пространства. Без базы на Луне, используемой для сборки, заправки и обслуживания космических кораблей, о сколько-нибудь заметном присутствии человека в космосе не может идти речи: слишком дорого обходятся запуски с Земли с ее мощной гравитацией. Собственно, это подтверждает пребывание пилотируемой космонавтики в явном тупике на протяжении четверти века, прошедшей с запуска МКС, она же станция «Мир-2». А Титан — это единственная каменная планета, на которой есть плотная атмосфера с погодными процессами, то есть там вещества существуют во всех трех агрегатных состояниях, причем постоянно переходят из одного в другое. По всем приметам, на Титане должна быть углеродная жизнь. Более того, Айзек Азимов, рассуждая о жизни во Вселенной, отмечал: уж если там жизни нет, ее, скорее всего, нет больше нигде, кроме Земли. Начать освоение Луны, найти титановую жизнь или убедиться в ее отсутствии — обе эти задачи будут решены в ближайшее десятилетие.



Артемиды на Луне

Счастье улыбнулось американскому НАСА в декабре 2017 года, когда президент США Дональд Трамп, видимо следуя своей идее «Сделаем Америку снова великой», поставил перед агентством задачу возратить человека на Луну и, в перспективе, отправить его на Марс. Сделать это следует, привлекая частно-государственное партнерство для минимизации затрат госбюджета и подведения коммерческого фундамента под здание космонавтики, чтобы она из развлечения ученых мужей стала производительной силой общества. А срок был поставлен — 2028 год.

Однако в 2019 году вице-президент Майк Пенс уточнил задачу: на Луну в первую очередь должна ступить женщина, следом за ней мужчина, а произойдет это в 2024 году. Специалисты засучив рукава взялись за работу и к 2020 году создали план программы «Артемиды», который сейчас, хоть и не без проблем, осуществляет НАСА со своими многочисленными партнерами. Имя Артемиды выбрано не случайно, все-таки эта богиня — сестра-близнец Аполлона, покровителя предыдущей космической программы, триумфом которой стала высадка человека на Луне в 1969 году.

Для решения задачи нужно построить целую транспортную систему. Ее важнейшие части — мощная ракета-носитель, космический корабль «Орион», лунный челнок и лунная орбитальная платформа-шлюз, будем называть ее «Портал», то есть космическая станция, которую установят на окололунной орбите. Эта станция сыграет важнейшую роль в освоении Луны: именно к ней станут причаливать земные корабли и лунные челноки, на ней станут жить люди, будут храниться топливо для челноков и припасы для снабжения экипажей, в том числе и лунной базы. Саму базу разместят на Южном полюсе Луны. Сначала — в виде трех модулей. Два — луноходы; один — открытый для коротких перемещений обитателей базы, прямо скажем, селенитов, второй — закрытый, где есть система



Фото: NASA/Cory Huston



Фото: NASA/Johnson Space Center

▲ Тяжелая ракета-носитель для доставки корабля на орбиту Луны замерла на ступе космодрома в ожидании окончания монтажа

◀ Шасси лунохода «Вайпер» испытали на специально насыпанной куче песка. Скоро на него установят приборы и отправят на Луну для исследования испарений из ее пород в месте предполагаемого строительства базы. Доставку обеспечит коммерческая компания «Астроботик»

жизнеобеспечения. А третий модуль — стационарный, для постоянного проживания.

Доставлять людей на окололунную орбиту станет космический корабль «Орион», который НАСА разрабатывает под разными именами с 2004 года. Предполагается, что когда все будет построено и отлажено, «Орион» станет швартоваться к «Порталу», откуда экипаж и будет летать на Луну. Кстати, окончательное имя корабля тоже выбрано не случайно. По одному из мифов, Орион, сын Посейдона, был умелым охотником, который состязался с Артемидой, хотел стать ее любовником, за что она его и убила.

Окружение Луны

Проживая в «Портале», экипаж не будет сидеть сложа руки — он станет выполнять какие-то научные исследования, для чего лунную орбитальную станцию оснастят не только жилым, энергетическим и стыковочным, но также исследовательскими отсеками. В общем, «Портал»



▲ Космический корабль «Орион» испытывали и огнем, и морозом, и даже водой. Ведь при возвращении на Землю он упадет в океан

▼ Для перевозки космического корабля на космодром американцы используют гигантский самолет с раскрывающимся фюзеляжем

видится своим создателям столь же сложным сооружением, как МКС. Предполагается, что к нему смогут швартоваться корабли разных систем, а узлы станции максимально унифицируют, чтобы большинство из них были заменяемы: это обеспечит ее длительную службу.

Поначалу предполагалось, что первые два отсека «Портала», жилой и энергетический, запустят раздельно, а стыковку проведут на лунной орбите. Однако потом сочли, что стыковка на окололунной орбите слишком сложная задача, чреватая авариями, и решили отправить их к Луне единым целым. Для этого, как и для полетов «Ориона», нужна очень мощная ракета. Ее решили делать с использованием технологий, отлаженных во время полетов шаттлов. В частности, у нее будет четыре

двигателя, работающие на сжигании водорода кислородом, которые американцы использовали для полетов космических челноков. Разгонять же ракету для выхода на орбиту старта к Луне станут два твердотопливных ускорителя.

Первым на окололунной орбите окажется коммуникационный спутник серии «КьюбСат». Эти спутники придумали в 1999 году — их собирают из стандартных элементов, которые есть на рынке, что существенно удешевляет производство; сейчас на околоземной орбите находится около 2000 таких спутников. Задача этого спутника — выйти на орбиту, которая предусмотрена для «Портала», определить ее стабильность и проверить работу навигационного оборудования.

Дело в том, что для «Портала» выбрана довольно сложная, так называемая «почти прямолинейная орбита гало», расстояние от которой до Луны меняется в пределах от 3 до 70 тысяч км. С такой орбиты одинаково удобно отправлять корабли как на Луну, так и на Землю. Этот спутник в сентябре 2021 года уже доставили на космодром в Виргинии, и запуск назначен на октябрь. Полет до Луны займет три месяца, и за полгода работы он передаст данные, необходимые, чтобы окончательно понять специфику доставки «Портала» в место назначения и его работы там.

Следующей окажется экспедиция «Артемиды-1» — полет ракеты-носителя с макетом корабля «Орион». Ее главная задача — проверить работу ракеты и корабля, особенно динамику его нагрева в атмосфере Земли при возвращении. Для этого макет напичкан всевозможными датчиками. Насколько позволит вес, «Артемиду-1» нагрузят еще 13 спутниками «КьюбСат». Пять из них выгрузят в космос по всей траектории полета к Луне, остальные полетят дальше и будут выгружаться уже после отстыковки «Ориона». Эти спутники позволят лучше узнать окружающее Землю космическое пространство, а заодно дадут возможность партнерам НАСА реализовать какие-то свои идеи.



После отделения от разгонного блока «Орион» выйдет на окололунную орбиту, совершит по ней один виток и затем уйдет на траекторию возврата. Она рассчитана так, чтобы полет проходил под действием гравитационных сил, без использования топлива. Вся система — ракета-носитель с космическим кораблем — давно уж прошла испытания на Земле и в сентябре 2021 года стояла в сборочном цехе космодрома на мысе Канаверал. Предположительно, пуск «Артемиды-1» назначен на конец декабря 2021 года.

Путь человека

Если все пройдет успешно, в 2023 году будет организована «Артемиды-2» — испытательный пилотируемый полет к Луне, который продлится десять дней. Четверо астронавтов на «Орионе» по уже известной после полета «Артемиды-1» траектории совершат облет Луны и потом вернуться на Землю. Примерно тогда же на окололунную орбиту будет выведена конструкция из первых двух отсеков «Портала».

Одновременно начнутся работы по обустройству территории будущей лунной базы. Первым на поверхности Луны окажется луноход «Вайпер». Он должен будет изучить испарения с поверхности Луны в районе кратера Нобеля, который расположен на Южном полюсе: видимо, там и планируют строить первую лунную базу. Задача лунохода — проверить, есть ли в этом районе запасы воды. Если их найдут, то базу разместят неподалеку. Напомним, что именно в полярных районах расположены зоны вечной тьмы, куда не припадают лучи Солнца: в таких холодных

▼ Лунный челнок компании «СпейсХ», выигравшей конкурс, выглядит как циклопическое сооружение. Не исключено, что аналогичный челнок станет доставлять людей и на Марс

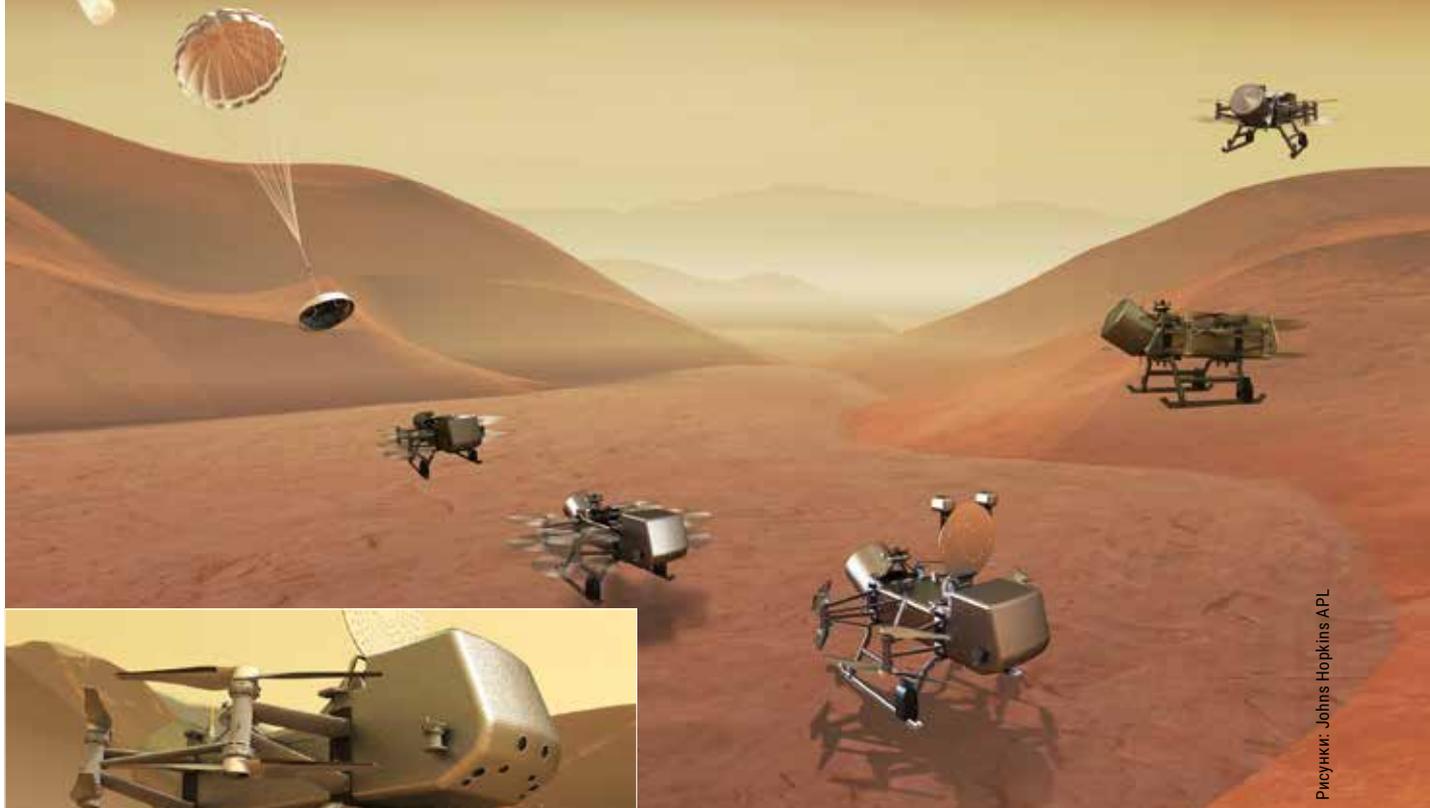
ловушках должны собираться молекулы воды от разбившихся о поверхность Луны комет. Запуск «Вайпера» назначен на 2023 год, это сделает тяжелая ракета «Фалькон» компании «СпейсХ». После того как место базы будет выбрано, туда доставят остальные модули, хотя конкретные планы со сроками пока не заявлены.

В 2022—2023 годах пройдет и проверка лунного челнока, способного взять экипаж из двух человек. Первоначально в конкурсе НАСА участвовали три компании, предложившие принципиально разные концепции: традиционную, использованную в программе «Аполлон», где от спускаемого модуля отделялся возвращаемый, то есть челнок оказывался в значительной степени одноразовым, и новую — с полностью многоразовым устройством. Последнюю предложила компания «СпейсХ», она же в апреле 2021 года и выиграла конкурс.

Предполагается, что челнок стартует с Земли на своей ракете-носителе (ею опять послужит тяжелый «Фалькон») и стыкуется с «Орионом» где-то в космосе, скорее всего, на окололунной орбите. У конспирологов такое решение, когда людей, челнок и луноходы доставляют на Луну за три раза, вызывает легкое недоумение: а как же в 70-х американцы все это возили за один раз, причем повторяли операцию многократно? Ответ, видимо, удастся получить только в ходе археологических исследований, которые селениты будут проводить в отдаленном будущем, восстанавливая свою историю.

Вернемся к лунному челноку. Недовольные решением НАСА, конкуренты Илона Маска стали писать жалобы: мол, надо бы испытать и другие модели, вдруг предложенная им довольно громоздкая система не сработает. Однако НАСА, сославшись на нехватку финансирования, в просьбах отказало, предоставив в качестве утешения финансирование на разработку дополнительных систем лунного челнока. По-хорошему, в ходе испытаний нужно бы проверить не только как челнок садится на Луну и взлетает с





Рисунки: Johns Hopkins APL

▲ ◀ *Механическая Стрекоза, оснащенная многочисленными приборами для анализа состава атмосферы и грунта, будет искать следы жизни на Титане, спутнике Сатурна. Случится это в 30-х годах XXI века*

нее, но и как он стыкуется с «Орионом». Однако в планах НАСА про такую операцию ничего не сказано. Более того, не заявлено ни о каких запусках «Ориона» для проведения подобных испытаний. Конечно, оптимально было бы отработать все действия через «Портал», но сдвиг сроков на четыре года не оставил запаса времени: человек должен быть на Луне раньше, чем будет закончено строительство инфраструктуры, что налунной, что орбитальной.

Поэтому в 2024 году сразу, без дополнительных проверок тех операций, что предстоят на околулунной орбите, полетит «Артемиды-3». Видимо, организаторы так уверены в своих технологиях, что рассчитывают с первого захода высадить на Луну, как указал Пенс, сначала женщину, а потом и мужчину. В свете новых веяний появилось дополнение: мужчину с небелым цветом кожи. Они, побыв какое-то время селенитами, соберут образцы породы, проведут необходимые измерения, обязательную фотосессию и с триумфом вернутся на «Орион». Так начнется новая эра освоения космоса, когда вокруг лунной базы раскинется целый научный городок с телескопами, гравитационными антеннами и многими другими средствами исследования Вселенной: число желающих растет как снежный ком.

Американские журналисты уже окрестили ее «эрой Артемиды», а подрастающее поколение — поколением «Артемиды», поскольку их жизнь будет проходить на фоне развивающегося освоения нашего спутника. Поначалу запланирован один полет к Луне в год для смены экипажа, а далее, видимо, речь пойдет о формировании постоянного поселения селенитов. Залог успеха — возникновение на Луне какой-то коммерческой деятельности.

Стрекоза на Титане

А вот к освоению Титана пока что приступать рано, и никакой коммерческой выгоды от этого дела ждать не приходится в сколько-нибудь обозримом будущем. Однако желание разгадать загадку феномена жизни подогревает внимание исследователей к этому спутнику.

Первый раз присмотреться к Титану с близкого расстояния сумел пролетевший мимо него «Пионер-11» в 1979 году. Годом позже более тщательные наблюдения провел «Вояджер-1». Третье посещение пришлось на 2004 год, во время экспедиции «Кассини-Гюйгенс». Тогда автоматическая межпланетная станция «Кассини», предназначенная для изучения Сатурна и его спутников, построила карту Титана и сбросила на него исследовательский зонд «Гюйгенс». И он, пролетев сквозь плотный слой облаков, заполняющих атмосферу Титана, впервые передал на Землю фотографии его пустынной поверхности. Она оказалась украшена дюнами из частиц водяного льда, перемешанных с пылинками замерзших органических соединений и метановым снегом. Полет «Гюйгенса» длился недолго, панорама снята либо с большой высоты, либо с места прититанивания, подробных химических анализов зонд не провел.

Впрочем, по итогам экспедиции было точно установлено, что на Титане есть моря, реки и озера из метана и этана, из густых облаков выпадают метановые дожди, снег из более сложной органики, а вулканы, похоже, извергают потоки воды и аммиака. Все это существует потому, что температура у поверхности Титана минус 179 градусов,

что на три градуса выше, чем температура плавления метана. То есть как Земля существует в условиях фазового перехода воды, так и Титан — в условиях фазового перехода метана: при всем различии этих веществ планетарная физическая химия оказывается схожей.

Чтобы исследовать многообразие титановых ландшафтов, нужно перемещаться на большие расстояния. Поэтому у исследователей планет созрела идея послать на Титан не титаноход, а титанолет: он смог бы проводить химический анализ атмосферы и поверхности, причем, свободно перемещаясь на большие расстояния, исследовать районы, интересные с точки зрения поиска следов жизни. После триумфа американской технической мысли — вертолета, сумевшего взлететь в почти отсутствующей атмосфере Марса («Химия и жизнь», 2021, 7), сделать титанолет не так уж сложно, все-таки плотность титановой атмосферы в четыре раза больше, чем у земной, а сила тяжести в семь раз меньше.

Этот проект, предложенный Лабораторией прикладной физики университета Джонса Хопкинса в 2019 году, НАСА выбрало в качестве перспективного. Проект назвали «Стрекоза», по-английски «Dragonfly», а запуск запланировали на 2026 год. Спустя восемь лет «Стрекоза» достигнет Титана и, вывалившись из спускаемого аппарата прямо в атмосфере, приступит к исследованиям. Первой целью выбрана долина Шангри-Ла на экваторе; она интересна цепями так называемых линейных дюн — на Земле нечто похожее есть в пустыне Намиб. Затем, перелетая каждый раз на несколько километров, «Стрекоза» станет смещаться, изучая районы с различными ландшафтами, и, преодолев за два с лишним года более 150 км, в конце концов достигнет ударного кратера Селк, где обнаружен слой замерзшей воды: она выплеснулась при ударе метеорита. Предполагается, что такая ледяная лава может содержать материал глубинного водяного океана со следами имеющейся там жизни.

Поиск титановой жизни

Что же будет изучать эта «Стрекоза»? Если кратко, то состав органического снега, составляющего вместе с песчинками водяного льда материал дюн, метановый цикл в атмосфере и разливы водяного льда. А основная задача — поиски следов жизни и установление условий ее существования.

У титановой жизни может быть две среды обитания: это метан-этановые моря и озера жидкой воды, возникающие при ударах метеоритов, включая связанный с ними глубинный океан. В обоих случаях складываются благоприятные условия для сборки живых существ из первичных кирпичиков. А они на Титане присутствуют в изобилии. Дело в том, что в верхних слоях атмосферы под действием солнечного ультрафиолета идут интересные фотохимические реакции, в ходе которых формируются органические соединения, содержащие атомы углерода, водорода и азота. Это могут быть короткие цепочки, ароматические кольца, а также гораздо более сложные соединения, состоящие из сотен атомов. Их заметили при исследованиях атмосферы Титана, правда, состав длинных молекул расшифровать не удалось.

Эта органика конденсируется, формирует аэрозоль и в конце концов выпадает на поверхность. Растворившись в метановом море или попав в воду, пока она не замерзла и сообщается с нижележащим океаном, эти вещества могут вступать в реакции, порождая более сложные структуры, в том числе и способные к размножению, то есть живые. Номенклатуру органики по результатам анализа материала дюн и прочих пород и должна составить «Стрекоза». А потом искать следы жизни.

Главный след жизни, как мы знаем — хорошо заметное превышение числа молекул одних оптических изомеров каких-то органических соединений над другими («Химия и жизнь», 2021, 6). Если среди собранной «Стрекозой» титановой органики такое нарушение равенства изомеров будет зафиксировано, это станет прекрасным доказательством, что жизнь на Титане возможна и ее надо искать тщательнее.

Другим важным следом будут аномалии в составах разных групп веществ. Например, абиотическим путем на Земле производится более полутысячи аминокислот. Однако живые существа используют и соответственно синтезируют для своих нужд лишь 22 из них. Если провести анализ аминокислотного состава земных образцов, таких аминокислот будет явно в избытке. Аналогично у живых существ большинство углеродных цепочек состоят из четного числа звеньев. То есть получается интересный принцип: всегда, когда вместо гладкого распределения молекул по какому-то признаку возникает распределение с выбросами, можно заподозрить, что причина в наличии жизни. Следуя далее по этой цепочке рассуждений, можно прийти к давней мысли: если вместо ожидаемого экспоненциального распределения объектов по какому-то признаку получается степенное, значит, с немалой вероятностью это след уже не просто жизни, а цивилизации («Химия и жизнь», 1982, 12).

Важным интегральным показателем жизни станет изменение концентрации водорода с высотой атмосферного столба. На Земле реакционно-способный кислород или распадающийся при фотоллизе метан служат важными следами жизни: живые существа постоянно пополняют запасы этих газов в атмосфере. На Титане роль кислорода будет играть водород. Один из интересных результатов «Гюйгенса» — намек на то, что существует поток водорода, направленный к поверхности Титана. То есть на ней присутствуют какие-то потребители водорода. Если «Стрекоза» подтвердит, что это объективная реальность, а не ошибка измерения, появится еще один аргумент в поддержку гипотезы титановой жизни.

Как видно, ближайшее десятилетие готовит нам множество интересных событий, связанных как с изучением, так и с освоением если не космического пространства как такового, то хотя бы родной Солнечной системы. Не исключено, что в результате будет преодолен тот явный застой в космонавтике, который сформировался на наших глазах, когда визиты космонавтов на орбитальную станцию или путешествия роверов по марсианской пустыне превратились в мало кому интересную рутину, практически не дающую новых знаний о природе вещей.



Рисунки: Astrobotic

Коммерция и пропаганда в свете Луны

Параллельно с деятельностью по созданию инфраструктуры освоения Луны НАСА стремится развить коммерческий сектор. На плотное сотрудничество с компанией Илона Маска невозможно не обратить внимания, но это отнюдь не всё. Создана специальная программа Коммерческой службы доставки лунных грузов, в рамках которой уже выбраны 15 компаний, способных разрабатывать необходимые устройства и доставлять их на Луну.

В 2019 году заключены первые два контракта с питсбургской «Астроботик» и хьюстонской «Интуитив Мэшин». Эти компании НАСА вскармливает буквально с ложки. Так, «Астроботик», созданная в 2007 году, уже смогла, не совершив ни одного запуска, освоить не один десяток миллионов долларов финансирования от НАСА на разработку своего космического корабля и лунохода. Впрочем, не от одного НАСА, есть поступления и от «Гугла», и от других богатых спонсоров.

Первый платный полет «Астроботика» был запланирован на 2021 год: на Луну в Озеро Смерти требовалось доставить 14 приборов, а также американский и британский луноходы. Первый луноход большой, собственной разработки «Астроботика», а второй маленький, скорее, робот на четырех ножках. Луноход должен доставить робота к одному из лавовых каналов, которые

в изобилии имеются в этой местности, а тот войдет в канал на десять метров и посмотрит, а что там? В качестве дополнительной нагрузки на Луну доставят жесткий диск с изображениями, собранными по всему миру: каждый участник составления этой коллекции заплатил по десять долларов, а также титановый макет украинского флага в знак уважения к вкладу украинцев в подготовку этой экспедиции. Для запуска предполагалось использовать ракету «Вулкан-Центавр», которую американцы разрабатывают для доставки на орбиту военных спутников; она сменит ракеты с российскими двигателями. В этом же году «Интуитив Мэшин» должна была на ракете «Фалькон» доставить на Луну несколько оптических приборов и установить их на местности между Морем Спокойствия и Морем Кризисов. Оба полета отложены на 2022 год из-за того, что не готовы как ракеты, так и доставляемые приборы. Тем не менее «Астроботик» уже заключила второй контракт — на доставку упомянутого в статье лунохода «Вайпер».

От создания коммерческой инфраструктуры не отстает и пропагандистская программа. Так, НАСА создало отличные ресурсы для учителей и разного рода популяризаторов науки, которых снабжает свежими сведениями о ходе программы и приглашает на экскурсии, например, осенью 2021 года — на мыс

▲ В 2022 году грузовой космический корабль компании «Астроботик» доставит на Луну первый коммерческий груз

Канаверал, где готовится к запуску экспедиция «Артемиды-1». Гости смогут буквально прикоснуться руками к будущей легенде. В общем, работа по созданию поколения «Артемиды» идет полным ходом, что право же лучше, чем формирование поколения «Пепси».

Интересно, что проектирование отечественной тяжелой ракеты-носителя «Енисей» для лунной программы было отложено в сентябре 2021 года на неопределенный срок. Причина — рекомендации РАН и желание уточнить концепцию. В принципе специалисты отмечают, что сейчас есть три способа доставки грузов на Луну. Первый — одной тяжелой ракетой с Земли. Второй — несколькими относительно легкими ракетами; как видно, американцы пошли частично по этому пути. Третий — с перевалкой на околоземной орбитальной станции и использованием буксира на маршруте Земля–Луна. Возможно, задержка отечественной лунной программы связана с выбором оптимального варианта. Во всяком случае, в конце сентября Роскосмос объявил тендер на исследование проблемных вопросов при организации пилотируемых полетов на Луну. По итогам работы необходимо разработать требования к космической технике для подобных экспедиций. Общая стоимость контракта — 1,7 миллиарда рублей.

С. Анофелес