

## «Сорочий мост» и два «Амура»

И. Лисов.

«Новости космонавтики»

21 мая в 05:28:49.970 по пекинскому времени с пусковой установки №3 Центра запусков спутников Сичан был произведен пуск РН «Чанчжэн-4С» (CZ-4C №27) с космическим аппаратом-ретранслятором «Цюэцяо» в интересах лунной программы КНР и двумя попутными микроспутниками «Лунцзян» для радиоастрономических исследований на окололунной орбите. Все они были успешно выведены на расчетную сильно вытянутую эллиптическую орбиту спутника Земли высотой от 200 км в перигее до 400 000 км в апогее.

Это был 275-й пуск ракеты семейства «Чанчжэн» («Великий поход») и 15-й китайский старт в текущем году, он же 45-й в общемировом зачете. Внутреннее обозначение пуска было «операция 07-87». В каталоге Стратегического командования КА «Цюэцяо» получил номер 43470 и международное обозначение 2018-045A. Попутным спутникам достались два следующих номера и обозначения, оканчивающиеся на В и С.

Всем трем КА и третьей ступени носителя был приписан один и тот же набор орбитальных элементов, соответствующий следующим параметрам:

- наклонение – 27,5°;
- минимальная высота – 400 км;
- максимальная высота – 383 000 км;
- период обращения – 243,8 часа.

### Ретранслятор для лунохода

«Цюэцяо» (鹊桥) создан в рамках китайской программы исследования Луны автоматическими КА и предназначен для обеспечения посадки зонда «Чанъэ-4» на обратную сторону Луны.

Как известно, 2 декабря 2013 г. был запущен комплекс «Чанъэ-3» в составе одноименного посадочного аппарата и лунохода «Юйту» (HK №2, 2014). Мягкая посадка в

северной части Моря Дождей состоялась 14 декабря. Ровер успешно работал на поверхности Луны в течение двух лунных дней, но затем утратил способность к перемещению и превратился в неподвижный научный пост, подобно посадочному аппарату. В целом, однако, проект был признан реализованным успешно, и необходимость в сборке и запуске второго комплекта под названием «Чанъэ-4» отпала.

Уже изготовленную материальную часть было решено использовать с необходимыми доработками для решения более сложной задачи. После дискуссий о вариантах применения, которые продолжались больше года, она была сформулирована так: осуществить впервые в истории космонавтики посадку и произвести комплекс исследований на обратной, невидимой с Земли стороне Луны. Очевидно, что для обеспечения посадки и для приема оттуда научной информации необходимо было организовать двустороннюю передачу через промежуточный пункт, то есть через аппарат-ретранслятор.

Соответствующие планы были обнародованы в марте–июне 2015 г. (HK №8, 2015), и тогда в качестве даты старта «Чанъэ-4» назывались 2018–2019 годы, а ретранслятора – конец 2018 г.; изначально предполагалось, что ретранслятор стартует за полгода до основного КА. Решение о практической реализации проекта было принято 30 ноября 2015 г., а 14 января об этом сообщили офи-

циально. Тогда было сказано, что ретранслятор будет запущен в июне 2018 г., а основной комплекс – до конца 2018 г. Указанные сроки остаются в силе: сейчас запуск «Чанъэ-4» на ракете CZ-3В планируется на декабрь 2018 г.

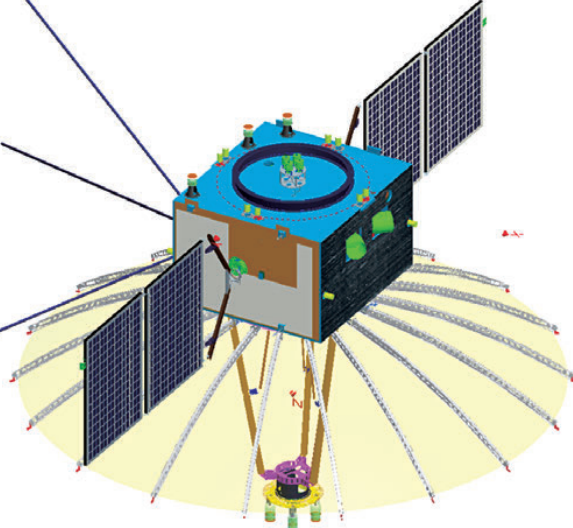
В июне 2016 г. было объявлено, что аппарат совершит посадку в пределах гигантского бассейна южный полюс – Эйткен. Все планирование ведется в расчете на более конкретное место – в кратере фон Карман диаметром 186 км с центром на 44,8° ю.ш., 175,9° в.д.

Стоит заметить, что ранее французская команда Давида Мамуна (David Mamoun) и Марка Вечорека (Mark Wiczorek) выдвинула очень похожий проект под названием Farside Explorer. Он предлагался ЕКА в качестве кандидата на реализацию в рамках программы Cosmic Vision сначала как средняя миссия M3, а потом как M4, но в июне 2015 г. не смог пройти очередной раунд отбора. Впрочем, даже если бы финансирование досталось ему, старт предполагался не ранее 2025 г.

«Цюэцяо» разработан силами компании «Хантянь Дунфанхун», филиала Китайской исследовательской академии космической техники CAST, под руководством директора проекта Чжана Лихуа (张立华).

Аппарат построен на платформе CAST100 и имеет стартовую массу 448 кг. Корпус спутника выполнен в виде уплощенного куба размером 1,4×1,4×0,85 м. На одной





▲ Спутник «Цюэцяо»

из больших поверхностей смонтирована основная антенна бортового ретранслятора, имеющая в сложенном состоянии длину свыше 3 м, а на боковой – антенна прибора NCLE. Основные элементы КА (панели, солнечные батареи, стыковочное кольцо, тепловые трубы и т.д.) изготовлены Пекинским заводом по производству спутников.

Электропитание обеспечивают две двухсекционные солнечные батареи с фотоэлементами на арсениде галлия с тройным переходом.

Система ориентации КА использует звездные датчики и волоконно-оптические гироскопы как датчики и маховики в качестве исполнительных устройств для трехосной стабилизации. Двигательная установка включает четыре маршевых ЖРД тягой по 20 Н и 12 двигателей ориентации и стабилизации тягой по 5 Н и может использовать до 100 кг гидразина, что дает приращение скорости свыше 500 м/с. Система управления КА обеспечивает ступенчатое снижение тяги двигателей и точное выдерживание момента выключения за счет изменения скважности импульсов. Заданное приращение скорости выдерживается с точностью 0.02 м/с.

Бортовой радиокомплекс осуществляет служебный радиообмен с Землей (командно-телеметрическая информация, измерение дальности, передача научной информации) в диапазоне S через спиральные антенны низкого усиления.

\* Основная антенна КА Voyager имела диаметр 3.7 м, а Cassini – 4.0 м. Зонтичная антенна американской AMC Galileo была больше – 4.6 м, но она не раскрылась.

Ретранслятор лунного зонда работает через антенну с зонтичным параболическим рефлектором диаметром 4.2 м – наиболее крупным в истории межпланетных исследований\*. При создании его в Сианьском отделении CAST был решен ряд научно-технических задач, в том числе связанных с сохранением работоспособности в четырехчасовой лунной тени, когда температура опускается до -200...-230°С.

Ретрансляция информации с Земли на Луну и в обратном направлении производится в регенеративном режиме: сигнал принимается на борту, декодируется, мультиплексируется, кодируется вновь и передается в другом частотном диапазоне и с другой модуляцией. Это обеспечивает коррекцию ошибок приема и увеличивает чувствительность.

Двусторонняя связь с находящимися на Луне объектами ведется в диапазоне X. Из заявок, направленных в Международный союз электросвязи, известно, что «Цюэцяо» передает команды на ровер на частотах 7202.384 МГц и 7227.500 МГц, а луноход отвечает ретранслятору на частоте 8462.080 МГц. Пропускная способность канала от посадочного аппарата составляет 560 кбит/сек, а от ровера – 280 кбит/сек. Кроме того, ровер может вести одностороннюю передачу в УКВ-диапазоне (413–417 МГц) на посадочный аппарат, который выполняет функции местного ретранслятора.

Ретрансляция цифровой информации на Землю осуществляется в S-диапазоне через спиральную антенну среднего усиления с максимальной скоростью до 2000 кбит/сек. Записанная информация может также сбрасываться в X-диапазоне через основную антенну со скоростью до 10000 кбит/сек при условии переориентации КА.

Расчетный срок активного существования КА – три года.

В период с 19 декабря 2017 г. по 6 марта 2018 г. проводился сбор посланий для отправки в космос на борту «Цюэцяо». Это название было выбрано в результате конкурса, объявленного Центром исследования Луны и космических проектов 27 марта и проходившего до 15 апреля 2018 г. По условиям конкурса, имя должно было «отражать тему исследований Луны, обладать новизной и существенными техническими

и культурными деталями, быть позитивным и соответствовать базовым социалистическим ценностям». Решение жюри было объявлено 24 апреля в рамках празднования Дня космонавтики в Харбине, но никаких отсылок к социалистическим принципам не содержало.

Имя «Цюэцяо» («Сорочий мост») апеллирует к старинной китайской легенде о бедном пастухе Нюлане и ткачихе Чжинью, седьмой дочери богини Неба Си-ван-му, которые полюбили друг друга. Когда богиня обнаружила, что ее дочь переселилась на Землю и вышла замуж, она разлучила пару, обратив юношу в звезду Альтаир, а девушку – в Vega и расположив их по разные стороны Небесной реки – Млечного пути. Услышав, однако, как горько плачут Нюлан и его дети, Си-ван-му смилостивилась и разрешила им встречаться раз в год, в седьмой день седьмого месяца традиционного китайского календаря. В этот день все сороки на Земле поднимаются в небо и, соединив свои крылья, образуют мост над Небесной рекой, чтобы влюбленные могли встретиться.



### Попутная научная аппаратура

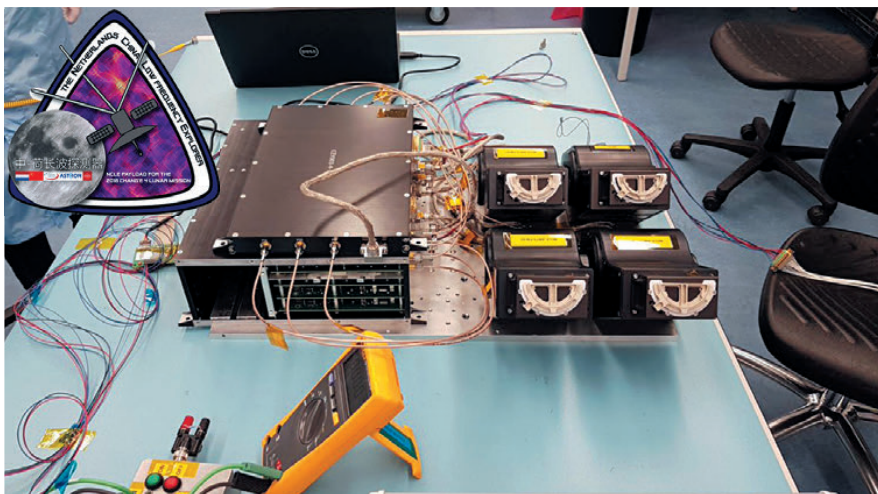
Хотя «Цюэцяо» создан с сугубо прикладной целью, спутник несет попутную научную аппаратуру нидерландских ученых, которая будет активирована в марте 2019 г. – после выполнения основной задачи по ретрансляции посадки «Чанъэ-4» и трехмесячной работы лунохода.

Эксперимент NCLE (Netherlands – China Low-Frequency Explorer, нидерландско-китайский низкочастотный исследователь) был задуман во время визита в Китай короля Нидерландов Виллема-Александера в октябре 2015 г. Соглашение о его реализации между космическим агентством Нидерландов и Китайской национальной космической администрацией было подписано в Пекине 28 июня 2016 г.

По сути прибор представляет собой широкополосный чувствительный радио-







▲ Аппаратура NCLE



приемник сверхнизкочастотных радиоволн, который будет пытаться найти следы одной из самых древних эпох в истории Вселенной.

Современные космологические модели говорят, что через 390 000 лет после Большого взрыва произошла рекомбинация водорода из существовавших до того отдельно протонов и электронов – и Вселенная стала прозрачна для излучения; от этого события остался микроволновый фон (реликтовое излучение). Далее на протяжении сотен миллионов лет Вселенная была еще слишком горяча для формирования звезд. Излучение тогдашнего водорода на волне 21 см (1.42 ГГц) должно быть единственным свидетелем событий, происходивших в этом гигантском океане водорода в «Темные века» до их рождения, и его регистрация может позволить увидеть древнейшие дозвездные структуры. Однако за 13.7 млрд лет соответствующие фотоны «остыли» и сейчас имеют частоту не более 30 МГц. До поверхности Земли волны такой длины не доходят, потому что их блокирует атмосфера, а регистрировать излучение на околоземной орбите невозможно из-за мощных радиопомех. За Луной же их почти нет, а на ее обратной стороне вообще идеальный «климат» для радионаблюдений.

Команда во главе с профессором Хайно Фальке (Heino Falcke), радиоастрономом из Университета Радбауда (Radboud University), изначально входила в кооперацию по европейскому проекту Farside Explorer, но не пропустила внезапно представившуюся новую возможность. Свое предложение они подготовили за две недели, а к началу 2016 г. представили проект прибора и получили на его изготовление и испытания около 3 млн евро.

Над аппаратурой NCLE в течение полтора лет работал целый консорциум ни-

дерландских институтов и фирм. Приемную антенну, состоящую из трех монополей длиной по 5 м из углепластика, пришлось делать самостоятельно, так как заказать ее у американских партнеров не позволили санкции, запрещающие поставлять «космическую» продукцию в КНР. Готовность к эксперименту зафиксировали 30 апреля 2018 г., когда провели тест развертывания и свертывания антенны.

Прибор основан на высокоточных часах со стабильностью лучше  $5 \cdot 10^{-11}$  и имеет диапазоны измерений от 0.1 МГц до 1.0 МГц, от 1 МГц до 10 МГц и от 10 МГц до 80 МГц с разрешением по частоте 1 кГц, 10 кГц и 100 кГц соответственно. Динамический диапазон – 84 дБ, чувствительность приемника лучше 160 дБ/Гц. Приемник может использоваться в составе интерферометра с базой свыше 400 000 км, имея интерферометрическое разрешение на уровне 1 Мбит/сек.

Разработчики рассчитывают получить полную радиокарту неба в низких частотах после нескольких полных оборотов Луны вместе с КА вокруг Земли. Они рассматривают NCLE как прототип будущих низкочастотных обсерваторий в залунном пространстве и с осторожностью говорят, что он, «может быть, сможет обнаружить излучение при достаточно долгой интеграции». Одной из причин сомнений являются потенциальные помехи от аппаратуры самого «Цюэцяо», который по проекту не предполагался «особо чистым» по электромагнитной части.

Регистрация галактического фона и радиоизлучения Юпитера и Сатурна, а также мониторинг солнечных бурь – среди дополнительных задач NCLE. После прилета «Чаньэ-4» планируются также совместные измерения нидерландского прибора и установленного на посадочном аппарате китайского низкочастотного спектрометра VLFERS.

Перед стартом Хайно Фальке не удержался от того, чтобы отпустить шпильку в адрес главы SpaceX. Сравнив свой прибор с автомобильным радиоприемником, руководитель эксперимента сказал: «Илон Маск запустил в космос целый автомобиль вместе с приемником. К сожалению, он не включен и ничего не принимает. Поэтому нам пришлось запустить один лишь приемник, чтобы принять что-нибудь».

Установленный на «Цюэцяо» лазерный ретрорефлектор относится к числу экспе-

риментальных попутных приборов и предназначен для измерения дальности до КА с точностью лучше 15 мм. Прибор массой 1.6 кг разработан Китайским университетом имени Сунь Ятсена и представляет собой уголкового отражатель с апертурой 17 см. Наземная инфраструктура включает передающую лазерную станцию на базе 0.5-метрового телескопа и приемную с метровым телескопом.

Ранее, в январе 2018 г., китайские специалисты продемонстрировали необходимую для этого технику и методы обработки данных на более простом объекте – из Юньнаньской обсерватории они осуществили лазерную локацию ретрорефлектора, оставшегося на Луне в месте посадки Apollo 15 в июле 1971 г. Измерение дальности до «Цюэцяо» будет более сложной задачей, так как потребуются точное определение текущей траектории КА и прогноз его движения.

Эксперимент проводится с целью отработки технологий для реализации в будущем проекта регистрации обнаружения гравитационных волн «Тяньцин» (天琴). Этот проект инициирован академиком Китайской АН, ректором Университета имени Сунь Ятсена Ло Цзюнем (罗俊) и предусматривает запуск трех спутников на околоземную орбиту высотой около 100 000 км.

Помимо NCLE и ретрорефлектора, «Цюэцяо» оснащен двумя служебными камерами, которые могут использоваться для съемки Луны и Земли.

Прием информации ведется на станциях китайской сети дальней космической связи Цзямусы (антенна диаметром 66 м), Каши (Кашгар, 35 м), а также станции Неукен (Neuquén) с 35-метровой антенной, построенной Китаем в Аргентине вблизи городка Бахадель-Агрио и введенной в строй в октябре 2017 г. Станции управления с 18-метровыми антеннами оборудованы в Циндао и Каши.

## Два «Амура»

За счет избытка грузоподъемности PH CZ-4C вместе с «Цюэцяо» к Луне были отправлены два микроспутника с техническим наименованием DSLWP (Discovering the Sky at Longest Wavelengths Pathfinder), заявленные как прототип распределенной радиоастрономической обсерватории для изучения неба на сверхдлинных волнах.

Основной идеей проекта было осуществление радиоинтерферометрических наблюдений в диапазоне до 30 МГц в ходе совместного полета двух КА по окололунной орбите на удалении 1–10 км друг от друга, когда два приемника работают как эквивалентный радиотелескоп соответствующего диаметра. Цели наблюдений – в сущности те же, что и у проекта NCLE.

Проект реализован Институтом спутниковой техники Харбинского технологического института НТТ. Проработка проекта лунных микроспутников началась летом 2015 г., а формальное утверждение последовало 26 февраля 2016 г. Первый анонс этой работы сделал «отец харбинской космонавтики» Цао Сибинь (曹喜滨) в апреле 2016 г. Руководителем проекта от НТТ является Чжан Цзиньсю (张锦绣), главным конструктором – Кун Сяньжэнь (孔宪仁), а постановщиком эксперимента – Чэнь Сюэляй (陈学雷) из



Национальной астрономической обсерватории Китая.

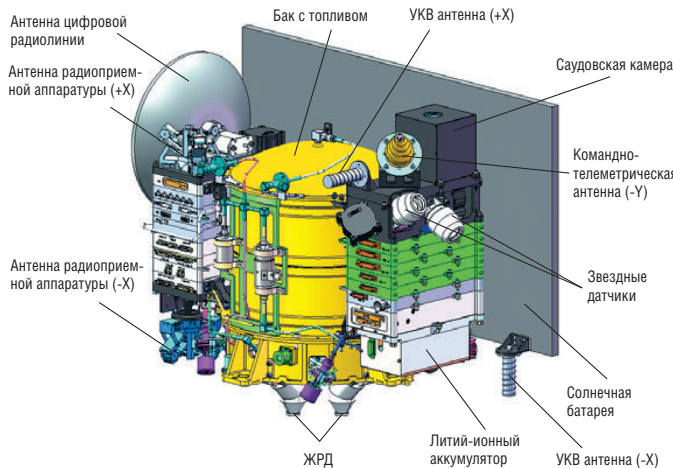
Первоначально два КА обозначались как DSLWP-A1 и -A2, но к апрелю 2017 г. обозначения поменяли на DSLWP-A и DSLWP-B. Личные имена «Лунцзян-1» и «Лунцзян-2» были даны двум спутникам 24 апреля 2018 г. «Лунцзян» (龙江) буквально означает «река Дракона», но учитывая, что спутники изготовлены в Харбине, административном центре провинции Хэйлуцзян (黑龙江), понятно, что имеется в виду великая сибирская пограничная река Черного Дракона, которая на наших картах называется Амур. В названии КА отсутствует лишь первое определение хэй («черный»).

Оба спутника имеют стартовую массу около 47 кг при габаритных размерах около 50x50x40 см. Они одинаковы по составу служебных систем, но несколько различаются по составу полезной нагрузки. Силовой основой конструкции является топливный бак двигательной установки, на котором смонтированы механизм отделения от РН, два блока служебных систем, фиксированная солнечная батарея, два солнечных датчика, угломерная камера, антенны для радионаблюдений, для межспутникового обмена и для связи с Землей.

Система электропитания основана на солнечной батарее с фотоэлементами на GaAs с тройным переходом и на литий-ионном аккумуляторе типа 18650. Интегрированная система электроники базируется на процессоре VM3803 с операционной системой uCOS-III. Система ориентации принимает данные солнечных и звездных датчиков и инерциальных устройств, а в качестве исполнительных органов использует маховики и микро-ЖРД для их разгрузки. Обеспечивается трехосная ориентация с наведением на Луну, на Землю и на второй КА. В режиме совместного полета спутники могут определять параметры взаимного положения (относительную дальность и азимут).

Двигательная установка имеет в своем составе четыре двигателя тягой по 5 Н на

\* В радиосвязи интервал 10–300 м классифицируется как короткие и средние волны, но в радиоастрономии он находится на самом дальнем конце используемого диапазона.



▲ Спутник «Лунцзян-2»

нижней плоскости для коррекций траектории и четыре по 0.2 Н для управления угловым моментом и обеспечения полета строем. Она служит, в частности, для торможения у Луны с выходом на орбиту высотой 300x9000 км.

Инструменты и научная программа подготовлены Национальным центром космической науки и Национальной астрономической обсерваторией Китая. Подсистема передачи научной информации и командно-телеметрическая подсистема КА суммарной массой менее 3 кг созданы в 54-м институте Китайской корпорации электронной техники.

Основной полезной нагрузкой двух КА являются синхронизированные приемники на диапазон 1–30 МГц, образующие сверхдлинноволновой интерферометр\*. Аппаратура включает высокостабильный приемник, две разворачиваемые антенны из трех ортогональных ленточных диполей на зенитной и надирной стороне спутника, модуль цифровой обработки и блок межспутниковой связи, измерения дальности и синхронизации. Антенные модули созданы Национальным центром космической науки в сотрудничестве с Центром космических исследований Польской АН.

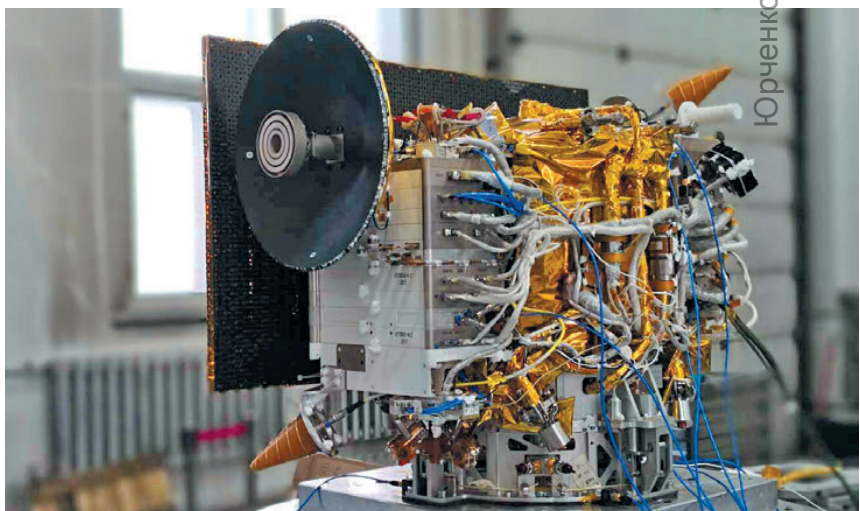
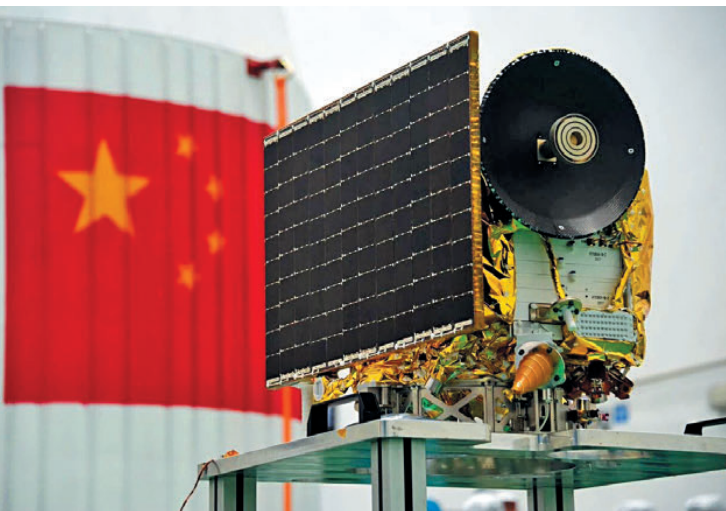
Спутники способны вести радионаблюдения как вместе, так и по отдельности, но в последнем случае направленность будет низкой из-за малых размеров приемных антенн. В случае совместной работы DSLWP-A является ведущим спутником в паре. Взаимное положение КА определяется угломерной камерой, наблюдающей светодиода на втором спутнике.

Основной областью радионаблюдений по проекту является зона, закрытая Луной от радиозлучений Земли, часть которой может также находиться в тени. Малая масса КА, заданная имеющимся избытком грузоподъемности носителя, не позволила оснастить их мощной системой электропитания. Поэтому работа намечалась по такому алгоритму: 10 минут наблюдений в тени, выход на освещенную сторону, 20 минут на передачу данных, а затем подзарядка аккумуляторных батарей в течение оставшейся части 13-часового витка.

Спутники планировалось также использовать в радиолобительских и образовательных целях. Бортовой радиокomплекс DSLWP-A имел в своем составе любительскую УКВ-радиостанцию, принимающую команды в диапазоне 145 МГц и сбрасывающую телеметрию в диапазоне 435 МГц. Одной из ее функций была передача цифровых изображений, в том числе по запросу радиолобителей. С учетом большого расстояния скорость передачи составляла лишь 31.25 бит/сек в командном канале и 100 бит/сек в телеметрическом.

На DSLWP-B была установлена дополнительная полезная нагрузка – камера для съемки Луны, поставленная Научно-техническим центром имени короля Абдулазиза (KACST,

▼ Специалисты из Саудовской Аравии рядом с аппаратом DSLWP-B, где установлена камера (обозначена стрелкой на снимке справа)







Саудовская Аравия) в соответствии с межведомственным соглашением, подписанным 16 марта 2017 г. Изделие KLCP массой 0.63 кг имеет пространственное разрешение 38 м при съемке с расстояния 300 м.

### Старт и полет

Ракета CZ-4C №Y27 была изготовлена на 149-м заводе Шанхайской исследовательской академии космической техники SAST. О том, что она будет использована для запуска лунного спутника-ретранслятора, было объявлено в январе 2016 г. Надо сказать, что это было уникальное решение – до сих пор носители этого типа никогда не применялись для выведения китайских аппаратов на высокие орбиты, а тем более на траекторию полета к Луне. Однако если вспомнить историю CZ-4C, то выясняется, что ее «прабабушка» CZ-4 как раз для этого и создавалась!

31 марта 1975 г., еще до того, как совершила свой первый успешный полет ракета-носитель CZ-2, Мао Цзэдун и Чжоу Эньлай одобрили проект создания китайских геостационарных спутников для обеспечения штабов и частей НОАК каналами связи и боевого управления. Для их запуска на геопереходную орбиту с нового космодрома Сичан была начата под руководством Жэнь Синьмина разработка трехступенчатых вариантов носителя – CZ-2A со ступенью на традиционных высококипящих компонентах

▼ Траектория полета «Цзюэцяо» от Земли до точки L2 системы Земля–Луна

топлива и CZ-2B со ступенью на перспективном кислородно-водородном топливе, причем последняя обеспечивала существенно большую грузоподъемность – 1400 кг против 900 кг. Конечно, второй вариант представлял и больший технический риск, однако он оправдался: весной 1984 г. со второй попытки ракета с новым названием CZ-3 доставила спутник на требуемую орбиту.

Первая же версия, которая в 1977 г. получила обозначение CZ-4, осталась без применения. На ее базе был разработан носитель CZ-4A для запусков на солнечно-синхронные орбиты, который дебютировал в сентябре 1988 г. на космодроме Тайюань. После первых двух пусков ракету модернизировали до варианта CZ-4B, а апреле 2006 г. начала летать версия CZ-4C с двумя включениями ДУ третьей ступени.

Вот ей-то и была поручена задача отправки к Луне аппарата «Цзюэцяо», слишком легкого для ракет семейства CZ-3. Основной КА размещался на опорном конусе с кольцом 937 мм под коротким обтекателем одного диаметра с третьей ступенью (2.90 м), а два дополнительных микроспутника – на дополнительных площадках, смонтированных с двух сторон на боковой поверхности конуса.

Поскольку ни CZ-4C, ни ее предшественники никогда не пускались с Сичана, потребовалась доработка пусковой установки №3 и адаптация системы заправки, а также подготовка боевого расчета. С этой целью еще в апреле 2016 г. более десяти ключевых специалистов, в том числе будущий «ноль-первый» Чжан Гуанбинь (张光斌), были командированы в Цзюэцяо и на предприятие-изготовитель, чтобы затем определить круг новых обязанностей, назначить ответственных и подготовить исполнителей. Доработки на стартовом комплексе проводились с начала 2017 г. параллельно с обеспечением пусков. В Шанхае тем временем изготовили еще один комплект транспортных агрегатов для перевозки ступеней носителя в пределах космодрома.

В середине апреля Сичан принял носитель CZ-4C №Y27 в десяти основных элементах и обеспечил 45-суточный цикл испытаний и подготовки. 8 мая ракета была собрана на старте. Спутник «Цзюэцяо», доставленный 15 апреля, смонтировали на ней 14 мая.

Еще 8 января Синьхуа сообщило, что запуск запланирован на май 2018 г. Точную дату – 21 мая нидерландские специалисты назвали в начале апреля. Она была официально подтверждена китайской стороной

Время	Событие
0.0	Старт
152.8	Выключение ДУ 1-й ступени
154.0	Отделение 1-й ступени
244.0	Сброс обтекателя
293.2	Отделение 2-й ступени
560.7	Выключение двигателя 3-й ступени
1321.0	Второе включение двигателя 3-й ступени
1461.5	Выключение двигателя 3-й ступени
1531.5	Отделение КА

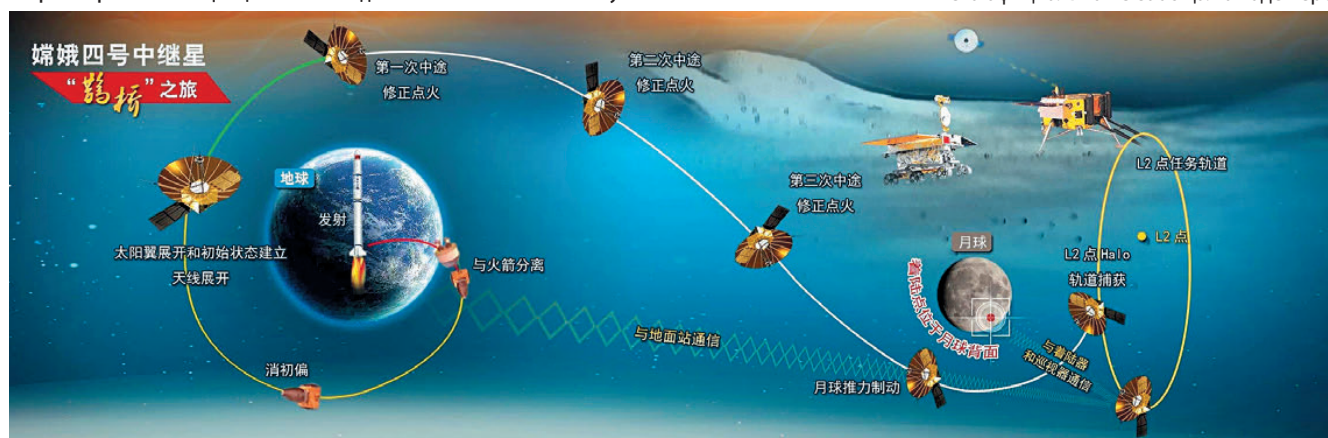
18 мая – тогда же, когда появились предупреждения о падении второй ступени в Южно-Китайском море к востоку от Тайваня.

Китайское руководство не дало разрешения на прямую трансляцию пуска, несмотря даже на то, что группа частной телекомпании Phoenix TV снимала старт. В результате за этим интереснейшим событием пришлось следить по лаконичным репликам в твиттере нидерландских специалистов и по ужасного качества видео, которое кто-то гнал на свой страх и риск с телефона.

Выведение продолжалось 25.5 мин (табл.) и обеспечивалось китайскими наземными станциями и выведенными в Тихий океан кораблями «Юаньван-7» и «Юаньван-6», которые впервые осуществляли не только передачу данных в Пекин, но и информационный обмен с центром управления запуском на космодроме Сичан в режиме реального времени.

В 06:00 пекинского времени от радиолюбителей Харбинского технологического института поступила информация об отделении двух попутных КА. В 06:27 голландцы сообщили об успешном отделении «Цзюэцяо» и развертывании его солнечных батарей. Наконец, в 06:32 успех пуска и выход на орбиту перелета к Луне подтвердила ответственная организация – корпорация CASC, а информационное агентство Синьхуа подтвердило раскрытие солнечных батарей и развертывание основной 4.2-метровой антенны. Как потом стало известно, антенна стала раскрываться в 06:20, через 27 минут после отделения КА.

«Цзюэцяо» был выведен на орбиту спутника Земли, обеспечивающую сближение с Луной вблизи апогея первого витка. По объявленным до запуска планам перелет от Земли до Луны рассчитывался либо на 112, либо на 136 часов. В реальности была реализована первая схема. На траектории было заложено три коррекции – через 17 и 38 часов после старта и за 24 часа до встречи с Луной; потребовалась только первая. Китай больше ничего официально не сообщал о ходе пере-



лета, однако радиолобители отслеживали «Цюэцяо» на частоте 2234.5 МГц. Расчеты показывали, что КА пройдет на высоте 110 км над Луной 25 мая в 21:41 пекинского времени (13:41 UTC).

Вскоре после этого появилось сообщение о том, что в соответствии с инструкциями Центра управления полетом в Пекине в 21:32 аппарат начал и в 21:46 закончил тормозной импульс на высоте около 100 км над Луной. Приращение скорости порядка 200 м/с было недостаточным для выхода на орбиту вокруг нее, но уменьшило величину отлетной скорости и обеспечило дальнейшее движение в направлении точки Лагранжа L2 в течение следующих четырех суток\*.

В период с 29 мая по 15 июня аппарату предстояло выполнить еще три маневра. Опубликованы данные на последний из них: двигатели КА были включены 14 июня в 11:00 и выключены в 11:06 пекинского времени, и в результате «Цюэцяо» впервые в истории космонавтики вышел на так называемую гало-орбиту вокруг L2\*\*. Обращаясь по ней в 455 000 км от Земли и примерно в 65 000 км позади Луны с амплитудой около 13 000 км и периодом обращения около 14 суток, аппарат будет постоянно видеть как Землю, так и расчетный район посадки «Чаньэ-4». Поскольку гало-орбита вокруг L2 неустойчива, раз в семь суток будет проводиться ее коррекция.

### «Лунцзян»: половина успеха

Что же касается двух попутных аппаратов, то их судьба сложилась еще интереснее, но с официальным объявлением о ней Китай тянул вплоть до 14 июня.

По плану два КА DSLWP после отделения от третьей ступени должны были совершить перелет к Луне с торможением вблизи периселения и выходом на вытянутую окололунную орбиту. В ходе дальнейшего маневрирования аппараты должны были сблизиться и осуществлять полет строем на заданном расстоянии.

Сразу после старта НТ сообщил о нормальном состоянии обоих КА, и уже к 06:34 наличие сигналов от них подтвердили радиолобители Чили и Бразилии. Позднее 54-й институт официально сообщил, что хочащая телеметрия со спутника А была получена 21 мая в 06:20, а со спутника В – в 06:33. В то же время после 21 мая радиолобители слышали лишь один «Лунцзян» с техническим обозначением DSLWP-B. Он вел передачу и в штатном S-диапазоне на частоте

2275 МГц, и в радиолобительском УКВ-диапазоне на выделенных ему частотах 435.4 и 436.4 МГц.

Вечером 25 мая Вэй Минчуань (韦明川, BG2BHC), отвечающий за радиолобительскую аппаратуру на «Лунцзянах», сообщил в твиттере, что спутник DSLWP-B вышел на орбиту вокруг Луны. Позднее это сообщение было удалено, хотя прием радиосигналов с DSLWP-B продолжался. 31 мая появилось анонимное сообщение, что DSLWP-A тоже стал спутником Луны, но за этим не последовало приема сигналов в каком-либо диапазоне.



▲ Два снимка Земли над краем Луны, сделанные саудовской камерой с борта DSLWP-B и опубликованные 14 июня 2018 г.

Как следствие, известный американский эксперт Джонатан МакДауэлл сделал вывод, что только один аппарат смог выполнить маневр и перейти с пролетной траектории на орбиту спутника Луны наклоном 21° и высотой 350×13 800 км; второй же вышел из строя на трассе перелета и пролетел мимо Луны, сорвав тем самым запланированную программу интерферометрических радионаблюдений.

6 июня 54-й институт выпустил заявление, из которого можно было понять, что оба спутника «Лунцзян» вышли на орбиту. Было сказано, что 27 мая в 18:10 пекинского времени включили бортовую аппаратуру передачи научной информации и что к 19:00 анализ показал, что данные проходят штатно. Этот же источник сообщил, что по цифровому каналу были переданы снимки обратной стороны Луны.

Точку в дискуссии поставило сообщение Синьхуа от 14 июня. В нем со ссылкой на ГУОНТП говорилось, что «Лунцзян-2» (то есть DSLWP-B) успешно выполнил перелет

до Луны за 113 часов и 25 мая в 22:00 пекинского времени выдал тормозной импульс с переходом на орбиту высотой 350×13 800 км. А вот «Лунцзян-1» действительно имел проблему с управлением на траектории полета к Луне и в результате на орбиту не вышел.

С одной стороны, это означает, что запланированный эксперимент по длинноволновому интерферометрическому наблюдению не состоится. С другой – проект DSLWP был реализован как попутный при жестких ограничениях, и его стопроцентный успех не был гарантирован и не требовался для решения основной задачи запуска.

Следует также отметить, что «Лунцзян-2» (DSLWP-B) стал первым в истории КА такого класса, которому удалось самостоятельно достичь Луны и выйти на орбиту вокруг нее. Стоит вспомнить, что первые спутники Луны, как советские, так и американские, имели массу 250 кг и выше. Два американских микроспутника массой 38 кг работали на окололунных орбитах в начале 1970-х годов, однако их доставили пилотируемые корабли Apollo 15 и 16. Уже в наше время японские аппараты Okina и Ouna примерно такой же массы (53 кг) были выведены на орбиту материнским аппаратом Kaguya.

Единственным миниатюрным изделием, предназначенным для самостоятельного перехода на окололунную орбиту, был японский Hiten. Этот спутник массой 12 кг был отделен от аппарата-носителя Nagoromo\*\*\* и 18 марта

1990 г. во время пролета у Луны выполнил торможение, выйдя на орбиту высотой 7400×20 000 км. К сожалению, доказательством этого стали лишь оптические наблюдения, поскольку передатчик спутника отказал еще 21 февраля, и никакой информации с него получено не было. Ну и принципиальным отличием «Лунцзяна-2» является отсутствие «попутного транспорта»: весь путь до Луны с навигацией, коррекциями и выходом на орбиту он проделал самостоятельно.

В тот же день, 14 июня, глава Китайской национальной космической администрации Чжан Кэцзянь и председатель Центра имени короля Абдулазиза принц Турки продемонстрировали три первых снимка, сделанные саудовской камерой на спутнике «Лунцзян-2». Было объявлено, что камера была впервые включена на окололунной орбите 28 мая и в ходе дальнейших испытаний передала как четкие снимки Луны, так и фотографии системы Земля–Луна.

Остается добавить, что третья ступень PH прошла мимо Луны 25 мая в 22:03 пекинского времени на дистанции около 9900 км и существенно изменила параметры околоземной орбиты – наклонение уменьшилось до 14,5°, а минимальная и максимальная высоты составили 17 000 км и 444 000 км соответственно. По предварительным данным, 25 сентября она войдет в земную атмосферу и прекратит существование. ■

\* Подобная траектория была опробована в ноябре–декабре 2014 г. экспериментальным аппаратом CE5-T1 (НК № 3, 2015).

\*\* Два американских спутника THEMIS прошли через область L2 с целью выхода на окололунные орбиты. Служебный модуль китайского аппарата CE5-T1 находился на орбите вокруг L2 краткое время – с 27 ноября 2014 г. по 4 января 2015 г.

\*\*\* Впоследствии на орбиту удалось перевести и сам Nagoromo, но это не входило в первоначальную программу полета и потребовало длительных и хитроумных маневров.