

# ПОЛЮС НАХОДОК НАУЧНЫЙ АРСЕНАЛ «ЛУНЫ-25»

Игорь АФАНАСЬЕВ

ВАЖНЕЙШИМИ ЗАДАЧАМИ СТАНЦИИ «ЛУНА-25» СТАНЕТ ОТРАБОТКА МЯГКОЙ ПОСАДКИ В ОКРЕСТНОСТЯХ ЮЖНОГО ПОЛЮСА И ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ БУДУЩЕГО ОСВОЕНИЯ СЕЛЕНЫ ЧЕЛОВЕКОМ.

## НАШЕ ДОСЬЕ

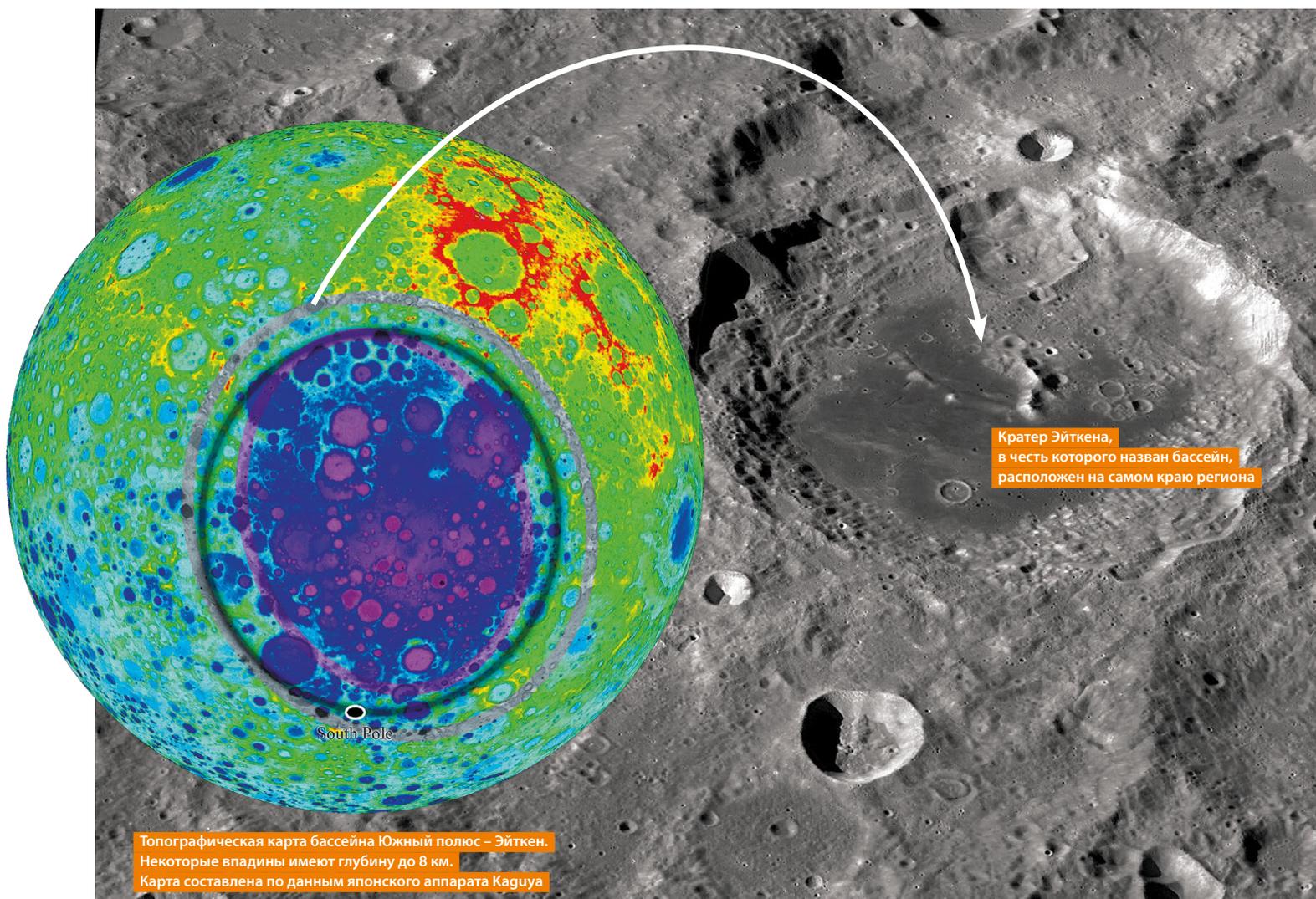
Заведующий отделом ядерной планетологии ИКИ РАН **Игорь Митрофанов** – заместитель научного руководителя проекта «Луна-25», главный конструктор комплекса научной аппаратуры проекта. Под его руководством разработаны такие приборы и инструменты, как регистратор потока нейтронов «БТН-Нейтрон» для российского сегмента МКС, лунный исследовательский нейтронный телескоп LEND для орбитальной миссии LRO (NASA), телескоп эпитепловых нейтронов высокого разрешения FRENД для российско-европейской программы «ЭкзоМарс-2016», прибор активного нейтронного зондирования поверхности Марса ДАН для марсохода Curiosity (NASA), и другие.



Большая часть научных приборов для миссии «Луна-25» создана Институтом космических исследований (ИКИ) Российской академии наук (РАН). По словам заведующего отделом ядерной планетологии ИКИ, доктора физико-математических наук Игоря Митрофанова, все запланированные эксперименты условно можно разделить на три направления.

## ТРИ ЗАДАЧИ

Еще в конце прошлого века космические аппараты, вращающиеся по орбитам вокруг Луны, обнаружили у ее полюсов следы присутствия в реголите летучих веществ и воды. Эту важную как с научной, так и с прикладной точки зрения гипотезу ученые надеются подтвердить, проведя контактные исследования грунта на месте. По словам Игоря Митрофанова, это является первой задачей миссии «Луна-25».

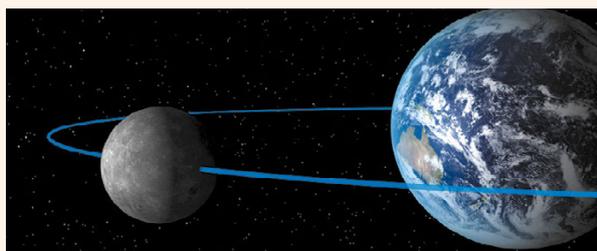


Кратер Эйткена, в честь которого назван бассейн, расположен на самом краю региона

Топографическая карта бассейна Южный полюс – Эйткен. Некоторые впадины имеют глубину до 8 км. Карта составлена по данным японского аппарата Kaguya

В окрестностях южного полюса на обратной стороне Луны находится интереснейшее образование – South Pole Aitkin (бассейн Южный полюс – Эйткен) размером 2400×2050 км – один из крупнейших кратеров Солнечной системы. Планируется, что «Луна-25» сядет недалеко от границ этой огромной впадины, образовавшейся при ударе крупного метеорита о «первичную Луну». При соударении на поверхность было выброшено вещество из глубинных недр Селены. Его важно изучить, чтобы понять, как образовывалась двойная система Луна–Земля. Это вторая задача в рамках проекта, замечает ученый.

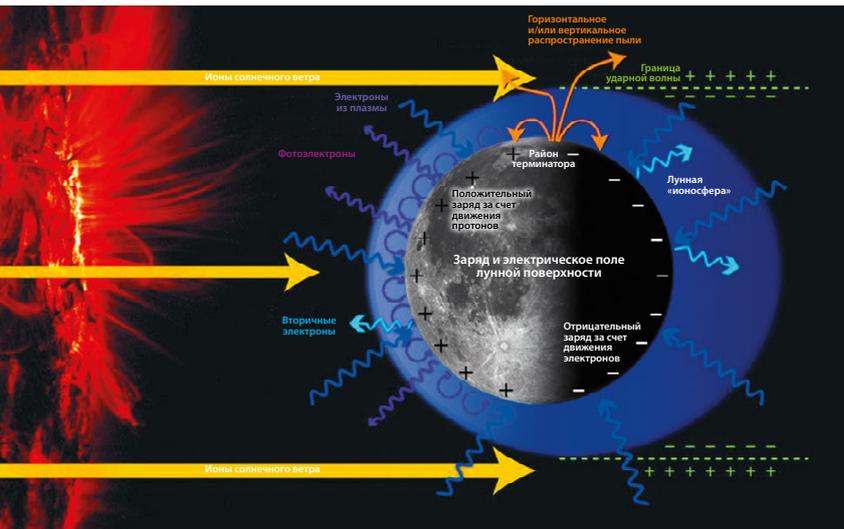
У Луны есть «экзосфера» (крайне разреженная атмосфера, состоящая из газов и плазмы). В окрестностях полюсов она существенно отличается от той, что присутствует на умеренных широтах, поскольку вблизи «полярных шапок» поток солнечного ветра идет практически параллельно поверхности. В полярной экзосфере происходят сложные динамические процессы взаимодействия космической плазмы с нейтральными ча-



### ДВОЙНАЯ СИСТЕМА ЛУНА–ЗЕМЛЯ

Согласно одному из предположений, Луна возникла 4.6 млрд лет назад после столкновения Земли с гипотетическим небесным телом, получившим название Тейя. Удар пришелся не по центру, а по касательной. В результате большая часть вещества ударившегося объекта и часть земной мантии были выброшены на околоземную орбиту. Из этих обломков собралась «первичная Луна» и стала обращаться по орбите радиусом около 60 000 км (сейчас 384 тыс км).

Земля в результате удара получила резкий прирост скорости вращения (один оборот за пять часов) и заметный наклон оси вращения.



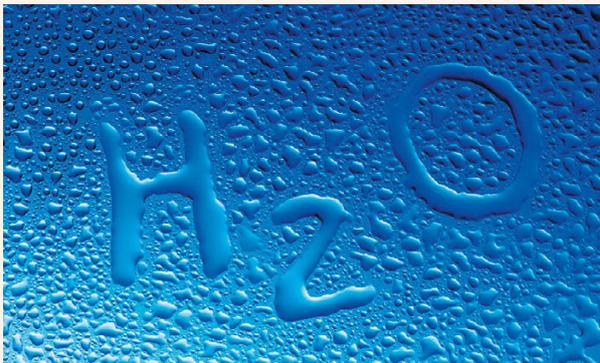
Солнечный ветер воздействует на лунную поверхность. Ионы плазмы выбивают атомы с поверхности, создавая подобие лунной ионосферы

стициями и лунной пылью. Этот феномен никто еще не исследовал, и ему посвящена третья задача.

### ОСОБЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Говоря о перспективах поиска воды, Игорь Митрофанов отмечает уникальность полярных областей: Луна обращается вокруг Земли так, что солнечные лучи освещают эти участки по касательной, не достигая дна глубоких кратеров и расщелин на полюсах. Там сотни миллионов лет царит холод и полярная ночь.

Находясь на дне постоянно затененного кратера, лед, быстро испаряющийся (сублимирующийся) на освещенной стороне, может существовать сколь угодно долго: здесь всегда экстремально низкие температуры и нет солнечных лучей.



### «ФОРМА ВОДЫ»

На Луне присутствуют три вида воды: химически связанная (входящая в кристаллическую решетку минералов, образующих грунт), абсорбционная (мономолекулярный слой  $H_2O$ , сцепленный с поверхностью частиц грунта) и свободная (в виде льда).

В этих участках могли накопиться целые лунные ледники! Но на полюсах Луны есть не только кратеры, но и возвышенности, холмы. Самые высокие из них постоянно освещены Солнцем. Там, наоборот, «правит бал» вечный полярный день.

Почти сразу после обнаружения признаков воды в полярном реголите Луны космическое сообщество осознало тот факт, что участки льдистой вечной мерзлоты и постоянно освещенные фрагменты поверхности могут располагаться по соседству, и где-то между ними могут быть районы, предпочтительные для высадки экспедиций и создания лунной базы. С одной стороны там могут быть размещены установки по добыче лунной воды, а с другой – солнечные электростанции.

«Наш прибор LEND на американском лунном спутнике LRO обнаружил, что вода может залегать не только в постоянно затененных кратерах, – замечает Игорь Георгиевич. – Мы пришли к выводу, что она есть и на освещаемой поверхности, но находится на некоторой глубине, под слоем сухого реголита, который служит хорошей теплозащитой («лунная вечная мерзлота»). Чтобы найти и исследовать воду, необязательно садиться на дно постоянно затененных кратеров – можно прилуниться неподалеку, на освещаемой Солнцем поверхности. Удалив верхний слой реголита до глубины 20–30 см, в грунте можно обнаружить лунный лед».

### «КОМЕТНАЯ» И «СОЛНЕЧНАЯ»

Но как вода могла попасть на Луну? Ученый считает, что один из вариантов – вместе с кометами, которые 3.5–4 миллиарда лет назад интенсивно бомбардировали систему Земля–Луна. Второй вариант – с Солнца: лунная поверхность напрямую взаимодействует с плазмой солнечного ветра, где преобладают протоны – ядра водорода. В грунте протоны взаимодействуют с атомами кислорода, последовательно образуя гидроксил (OH) и воду (H-O-H).

Специалисты предполагают, что полярная вода представляет собой смесь «кометной» и «солнечной». Оценить их доли можно зная содержание тяжелого изотопа водорода – дейтерия. Это показатель известен как для «солнечной», так и для «кометной» воды.

Если на лунных полюсах окажется много «кометной» воды, то вместе с ней можно найти летучие соединения межпланетного (а может быть, и межзвездного) происхождения. Кометы, большую часть жизни пребывающие на грани-



Один из источников воды на Луне – кометы

цах Солнечной системы, кроме воды могли нести сложные высокомолекулярные соединения космического происхождения – вплоть до простейших аминокислот.

Такие же соединения были когда-то доставлены кометами и на молодую Землю, но уже давно переработаны в геологических и биологических процессах. На Луне эти соединения могли сохраниться в полярных ледниках. В связи с этим состав добытой лунной воды сначала следует детально изучить, а уже потом применять для системы жизнеобеспечения космонавтов.

## АРСЕНАЛ НА БОРТУ

Для измерения химического, элементного и изотопного состава полярного реголита будут применяться два метода.

Во-первых, для загрузки образцов вещества в лазерный масс-спектрометр **ЛАЗМА-ЛР** служит Лунный манипуляторный комплекс (**ЛМК**). Под воздействием лазерного излучения вещество будет испаряться, и его пары будут подвергаться масс-спектрометрическому анализу. Это позволит провести элементный и изотопный анализ образцов вещества с глубины до 20–30 см.

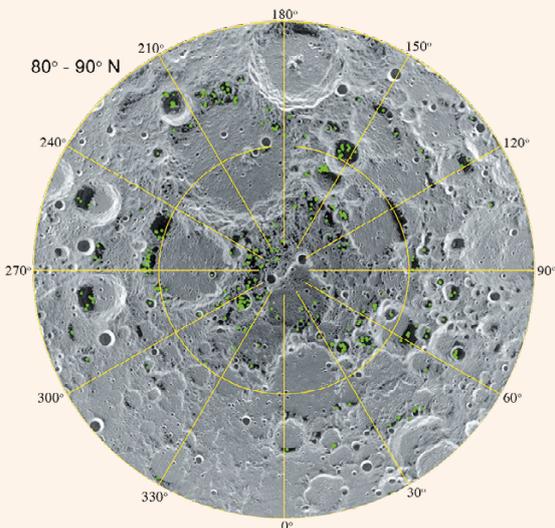
Во-вторых, состав вещества будет исследоваться по свойствам его инфракрасного и ядерного излучения. На манипуляторе установлен инфракрасный спектрометр **ЛИС-ТВ-РПМ**. Он предназначен для оценки содержания молекул воды и гидроксидов по спектру отраженного инфракрасного излучения.

С учетом того, что вода в вакууме испаряется, особый интерес вызывают измерения в момент времени, когда ковш манипулятора только что снял верхний слой. Должно наблюдаться активное испарение воды, постепенно затухающее со временем. В целом каждая раскопка грунта, сопровождающаяся забором образцов, будет «мониториться» этим прибором.

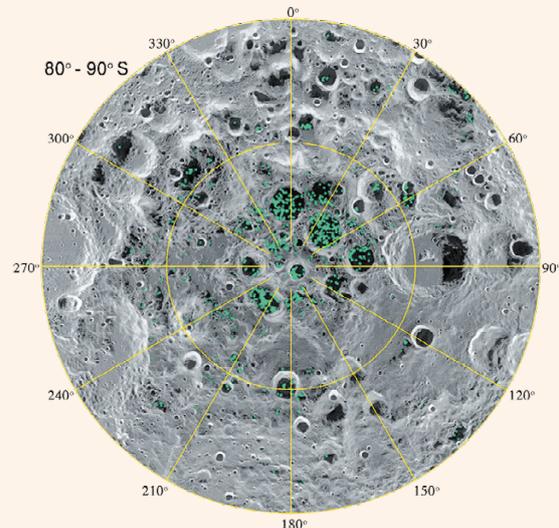
Другой бортовой научный прибор – **АДРОН-ЛР** – займется нейтронным просвечиванием поверхности до глубины порядка одного метра. По данным измерений выходящих с поверхности гамма-лучей и нейтронов можно будет оценить массовую долю воды в грунте и определить его элементный состав. Такое зондирование Луны обеспечит нейтронный генератор, разработанный во Всероссийском научно-исследовательском институте автоматики (ВНИИА)

## ТАКИЕ РАЗНЫЕ ПОЛЮСА

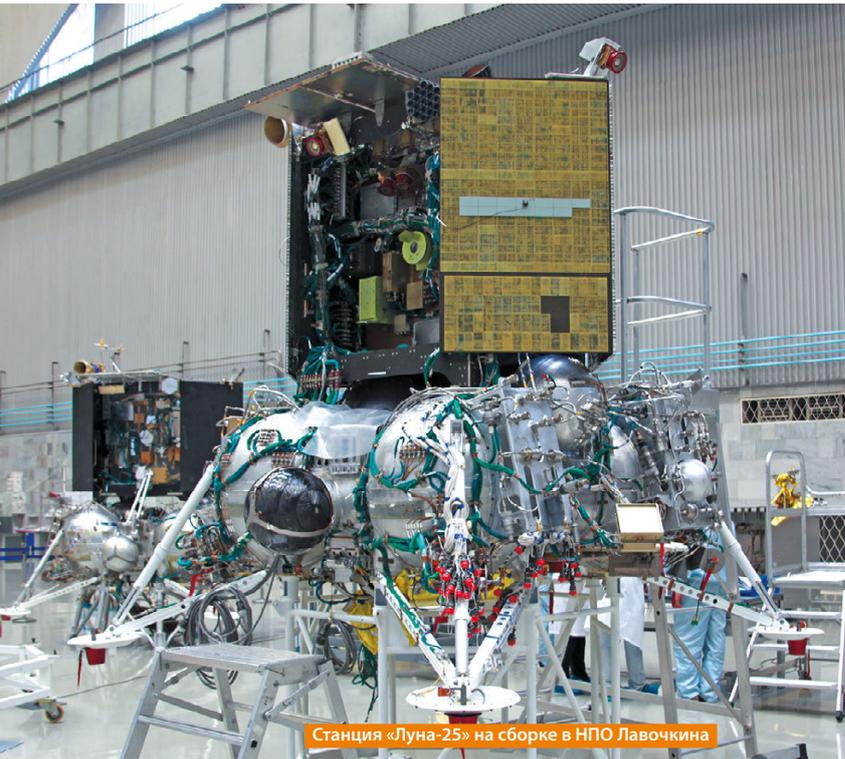
Как известно, земные полюса отличаются: на юге – огромный материк, на севере – океан. По особенностям рельефа и совокупности ударных кратеров различаются и лунные полюса. На южном больше районов с признаками льдистой вечной мерзлоты. Кроме того, на юге три больших кратера расположены у самого полюса, что привлекает геологов. Происхождение водяного льда на юге и на севере может быть одинаковым, но из-за геологических особенностей в окрестности южного полюса его должно быть больше.



СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС



ЮЖНЫЙ ПОЛЮС



Станция «Луна-25» на сборке в НПО Лавочкина

имени Н.Л. Духова. Его прототипом является геологический генератор, с помощью которого при бурении скважин регистрируются нефтеносные слои. Нейтронный генератор в космическом исполнении был создан во ВНИИА для российского эксперимента ДАН на борту марсохода NASA «Кьюриосити». Эксперимент АДРОН-ЛР с активной нейтронной гамма-спектроскопией поверхности будет проводиться впервые.

Плазменную составляющую экзосферы будет изучать энерго-масс-спектрометр АРЕС-Л, пылевую – прибор ПМЛ.

Важной частью научного комплекса является бортовое телевидение СТС-Л. Трехмерную картинку рабочего поля манипулятора будет формировать стереопара прибора СТС. Съёмку при посадке аппарата и панорамную стереосъёмку местности также выполняют камеры СТС.

Для отработки оптического канала будущей европейской системы высокоточной и безопасной посадки на станции установлена телекамера Европейского космического агентства ПИЛОТ-Д.

### БЕЗ ШУМА И ПЫЛИ

Как уже отмечалось, помимо исследования реголита «на воду», предусмотрен детальный анализ динамики экзосферы, содержащей смесь частиц солнечного ветра и вещества, выбитого с поверхности Луны галактическим космическим излучением.

«Мы планируем подробно изучить самый интересный объект экзосферы с точки зрения практики – лунную пыль, – поясняет Игорь Георгиевич. – Лунные пылинки выбиваются с поверхности реголита ударами заряженных частиц и начинают вести в экзосфере самостоятельную жизнь. В отличие от земных, у лунных пылинок очень неровная поверхность, поскольку они не так интенсивно стачиваются друг об друга, как земные. Микрочастицы лунной пыли чрезвычайно химически активны, налипают на любые поверхности и, с точки зрения медиков, токсичны. Под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца пылинки могут приобретать электрический заряд и плавать в электростатическом поле поверхности. В районе полюсов такая левитация, очевидно, имеет сложный характер, так как условия освещенности и затенения могут изменяться в малых масштабах и в широком диапазоне. Изучить феномен лунной пыли важно для проектирования лунных баз».

### САДИТЬСЯ ТАМ, ГДЕ НУЖНО

По словам ученого, преемственность «Луны-25» по отношению к советским лунным станциям скорее эмоционально-идеологическая, чем инженерно-техническая. Предшественники – зонды «Луна-9» и «Луна-13», лаборатории «Луноход-1» и «Луноход-2» – занимались на поверхности спутника относительно простыми исследованиями свойств грунта. «Луна-16», «Луна-20» и «Луна-24» доставляли образцы реголита на Землю, чтобы люди могли провести анализ их состава в земных лабораториях. Российская «Луна-25» гораздо современнее и совершеннее: на ее борту смонтирована качественная многофункциональная лаборатория, и отправлять добытое вещество на Землю нужды не будет. А это самым положительным образом скажется на результатах научной программы.

Следующий аппарат российской лунной программы – «Луна-26» – исследует Луну с полярной орбиты и сделает обзор оптимальных районов посадки для будущих посадочных миссий. «Луна-27» предстоит прибыть в один из таких районов и отработать высокоточную (в пределах одного километра) и безопасную посадку. Советские аппараты такой возможности были лишены и прилунялись там, где это было возможно. Современные российские станции будут садиться с высокой точностью – там, где нужно. ■





**АДРОН-ЛР** – Изучение элементного состава и содержания водорода в реголите методом активной нейтронной гамма-спектроскопии (ИКИ РАН) **6.2 кг**

**АРИЕС-Л** – Изучение ионной и нейтральной экзосферы Луны, исследования взаимодействия солнечного ветра с поверхностью Луны и десорбции ионов из поверхностного слоя реголита (ИКИ РАН) **2.5 кг**

**БУНИ** – Система контроля электропитания, хранения данных научного оборудования и передачи управляющих команд (ИКИ РАН) **2.4 кг**

**ЛАЗМА-ЛР** – Прямые измерения методом лазерной масс-спектрометрии химического, элементного и изотопного состава реголита (ИКИ РАН) **2.6 кг**

**ЛИС-ТВ-РПМ** – Изучение в видимом и инфракрасном диапазонах минералогического состава поверхностного слоя реголита Луны и определение содержания в нем воды (ИКИ РАН) **2.3 кг**

**ПмЛ** – Исследование физических характеристик лунной пылевой экзосферы и поверхностного реголита, рассеиваемого под влиянием микрометеоритных воздействий (ИКИ РАН) **1.0 кг**

**ЛМК** – Манипулятор с грунтозаборным устройством для доставки в прибор ЛАЗМА-ЛР образцов реголита и для наведения оптического блока камеры ЛИС-ТВ-РПМ (ИКИ РАН) **5.9 кг**

**СТС-Л** – Панорамная стереосъемка. Съемка на посадке. Обеспечение работы ЛМК (ИКИ РАН) **8.1 кг**

**Пилот-Д** – Съемка поверхности Луны на этапе орбитального полета и во время посадки (ESA/ИКИ РАН) **1.3 кг**