

ЛУНА-25



 **НПО
ЛАВОЧКИНА**

141402, Российская Федерация,
Московская область, г. Химки,
ул. Ленинградская, д. 24

+7 495 286-60-00,
+7 495 573-35-95
npol@laspace.ru
www.laspace.ru



ИРИ


РОСКОСМОС

 **НПО
ЛАВОЧКИНА**

ИСТОРИЯ

Исследования Луны с использованием космических аппаратов (КА) начались в сентябре 1959 года с жесткой посадки на поверхность спутника Земли советской автоматической станции «Луна-2», созданной в ОКБ-1 (ныне Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С. П. Королёва). С 1965 года работы по разработке, изготовлению и испытаниям автоматических космических станций для исследований Луны, Венеры, Марса продолжились на Машиностроительном заводе им. С.А. Лавочкина.

4 КА «Луна-13» Запуск 21.12.1966

В результате прямых измерений впервые определены физико-механические свойства лунного грунта, интенсивность излучения заряженных частиц и получены другие данные.

3 КА «Луна-10» Запуск 31.03.1966

Первый искусственный спутник Луны. Проведены исследования Луны и окололунного пространства с орбиты земного спутника.

2 КА «Луна-9» Запуск 31.01.1966

Первая в мире мягкая посадка на поверхность Луны. Переданы первые круговые фотопанорамы лунной поверхности.

1 КА «Луна-3» Запуск 04.10.1959

Первая в мире съемка обратной стороны Луны.

6 КА «Луна-17» («Луноход-1») Запуск 10.11.1970

Впервые в мире автоматическая самоходная лаборатория, управляемая с Земли, провела на Луне многочисленные научные и инженерно-технические исследования, преодолев 10,54 км по поверхности земного спутника.

7 КА «Луна-20» Запуск 14.02.1972

Вторая доставка лунного грунта (55 г) на Землю. Образцы взяты на участке лунного материка.

8 КА «Луна-21» («Луноход-2») Запуск 08.01.1973

Самоходная лаборатория прошла 39,1 км, провела научные и технологические исследования.

9 КА «Луна-24» Запуск 09.08.1976

Третья доставка на Землю образцов лунного грунта (170 г). Номинальное погружение буровой коронки в грунт: 225 см, фактическая длина колонки с подповерхностным реголитом: около 160 см.

КА «Луна-25» Запуск в 2023 году

Первая полярная исследовательская станция в окрестности Южного полюса Луны.

КОРОТКО О ПРОЕКТЕ

Космический комплекс «Луна-Глоб», в состав которого входят: ракетно-космический комплекс, КА «Луна-25», наземный комплекс управления и наземный научный комплекс — предназначен для отработки технологии мягкой посадки, взятия и анализа грунта научным прибором на борту и проведения длительных научных исследований, включая изучение верхнего слоя реголита поверхности в районе Южного полюса Луны, а также лунной экзосферы.

Выбор места посадки КА в области Южного полюса определен на основе данных предыдущих исследований, включая дистанционные наблюдения с орбитальных лунных космических аппаратов. Районами посадки выбраны места безопасные по инженерным требованиям, а также интересные с научной точки зрения возможным присутствием водяного льда и летучих соединений в реголите.



НАУЧНЫЕ ЗАДАЧИ:



Оценка массовой доли воды в лунном веществе, определение элементного и изотопного состава верхнего слоя полярного реголита в районе посадки на глубину до 40 см.



Измерение радиационного фона нейтронов и гамма-лучей на лунной поверхности.



Исследование состава приполярной лунной экзосферы и физических процессов, происходящих в ней в условиях спокойного и активного Солнца, а также в периоды, когда Луна проходит через хвост земной магнитосферы.

ЗНАЧИМОСТЬ ПРОЕКТА

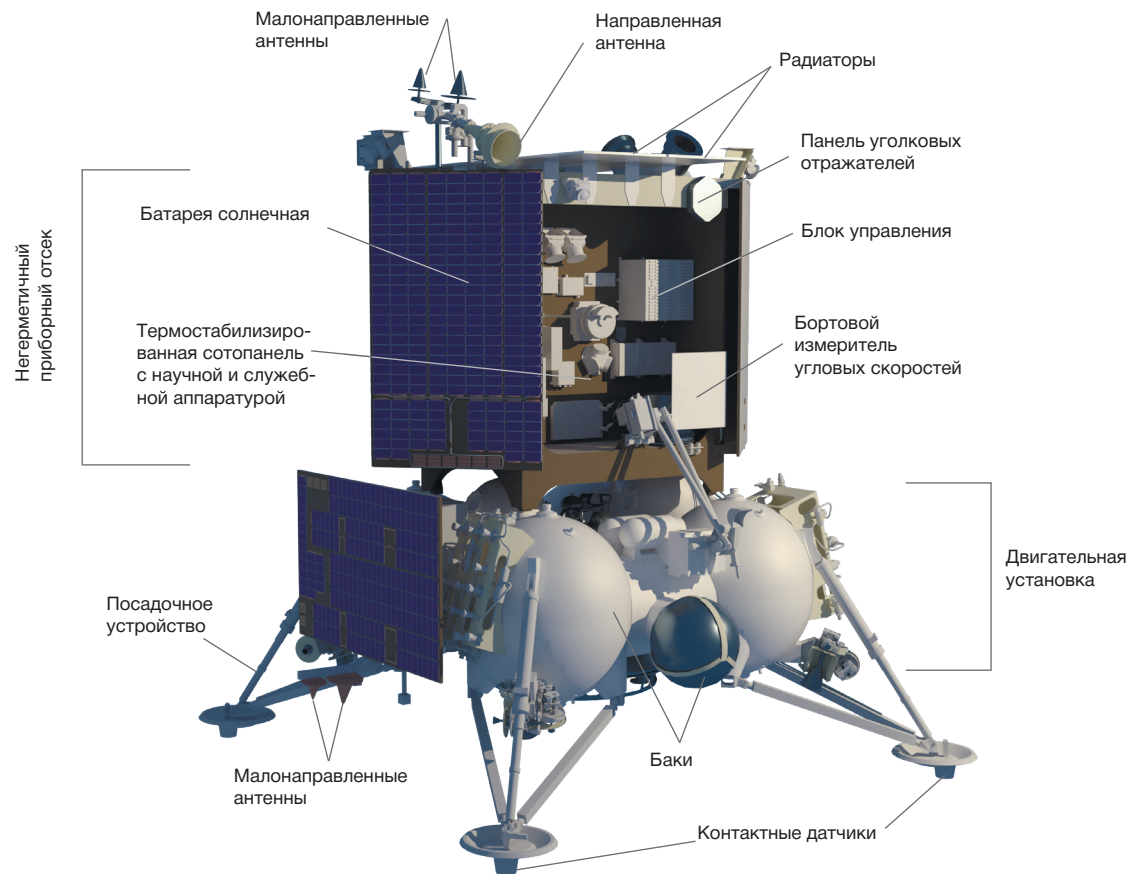
Успешная реализация российского проекта «Луна-Глоб» позволит:

- 1 Подтвердить технологический статус России как государства, обладающего возможностями по доставке на Луну полезной нагрузки.
- 2 Обеспечить гарантированный доступ России на поверхность Луны.
- 3 Впервые в мире провести исследования грунта и экзосферы Луны в окрестности Южного полюса
- 4 Создать технологический задел для реализации последующих лунных миссий российской лунной программы.

КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ «ЛУНА-25»

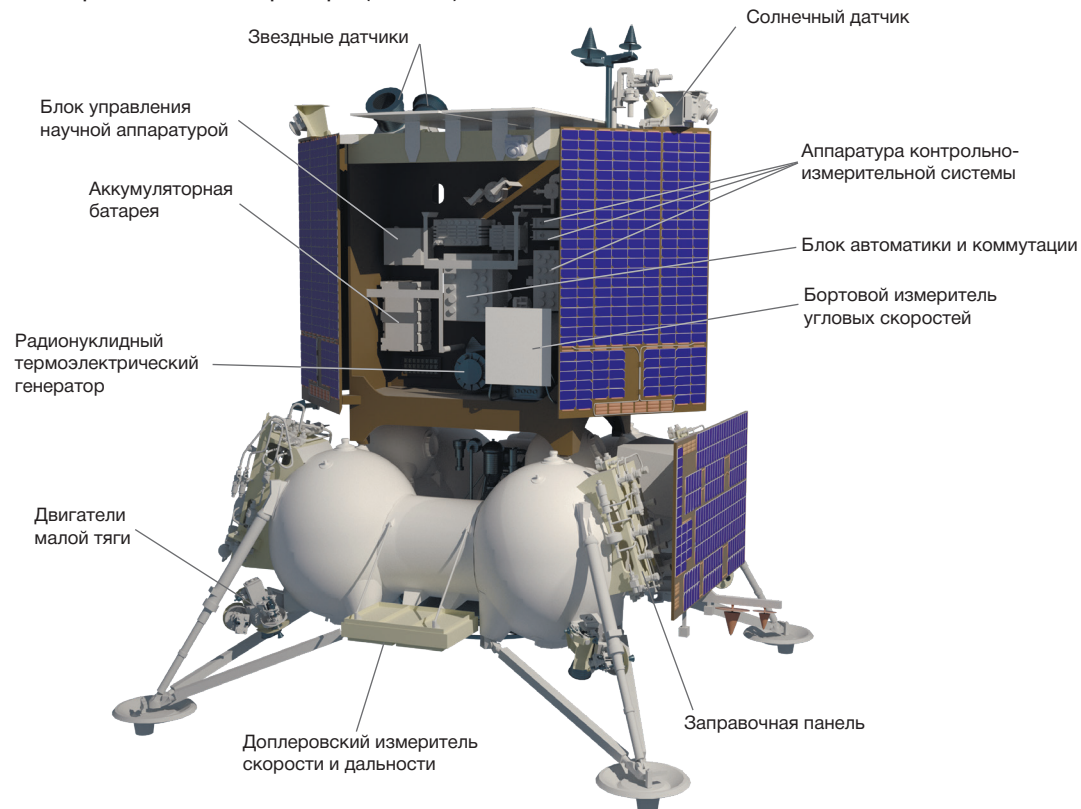
КА «Луна-25» - автоматическая посадочная станция, созданная с помощью современных технологий на основе легких конструкций и последних достижений в области космического приборостроения.

Негерметичное исполнение приборного отсека позволяет уменьшить вес конструкции и тем самым дать дополнительную массу для научных приборов и другой полезной нагрузки.



Бортовые системы КА «Луна-25» снабжают тепловой и электрической энергией научную и служебную аппаратуру, обеспечивают управление аппаратом и его устройствами, прием командно-программной информации с Земли, передачу научной и служебной информации на Землю и высокоточную координатную привязку места посадки аппарата.

Выживание бортовой аппаратуры станции в течение года пребывания на Луне, в том числе в течение длительной лунной ночи, обеспечивается применением радионуклидных источников тепла и электрической энергии — тепловых блоков (ТБ) и радионуклидного термоэлектрического генератора (РИТЭГ).



Основные характеристики КА «Луна-25»:

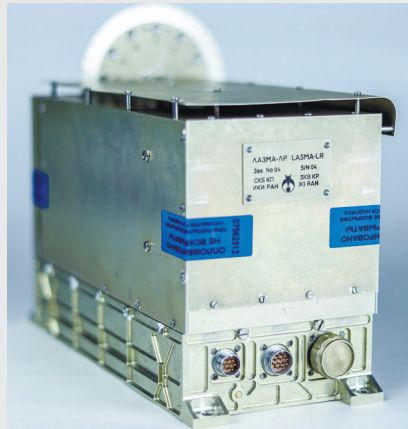
Масса заправленного КА	~ 1 800 кг
Масса комплекса научной аппаратуры (КНА)	~ 31 кг
Энергопотребление КНА	100 Вт
Диапазон радиолинии «Земля - КА»	S (командная информация)
Диапазон радиолинии «КА - Земля»	S (служебная информация), X (научная)
Скорость передачи командной и служебной информации	до 1 Кбит/с
Скорость передачи научной информации	до 4 Мбит/с
Максимальная дальность радиосвязи, обеспечиваемая наземными и бортовыми средствами	410 000 км
Срок активного существования на Луне	1 год

С помощью двигательной установки проводятся активные маневры КА, развороты, ориентация и стабилизация во время перелета Земля - Луна и на орбите искусственного спутника Луны. Также двигательная установка и посадочное устройство аппарата обеспечивают мягкую посадку на поверхность Луны.



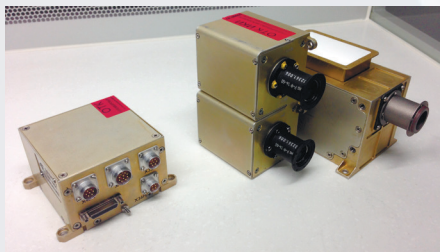
НАУЧНАЯ АППАРАТУРА

Для изучения реголита:



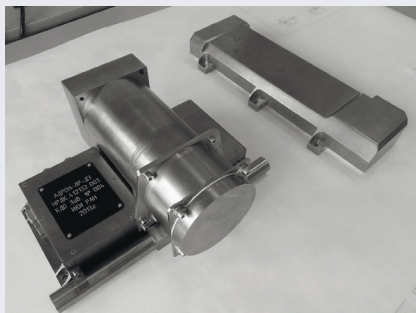
ЛАЗМА-ЛР (Институт космических исследований Российской академии наук, ИКИ РАН, Россия) — Лазерный масс-анализатор для элементного и изотопного анализа образцов лунного реголита. Прибор испаряет и ионизирует вещество образцов грунта высокоинтенсивным лазерным излучением, и методом времяпролетной

масс-спектрометрии определяет его элементный и изотопный состав. ЛАЗМА-ЛР позволяет измерить все элементы периодической системы от водорода до урана с пределом обнаружения 0,005% и оценить массовую долю воды в грунте. Доставку образцов реголита в прибор обеспечивает лунный манипуляторный комплекс (ЛМК). ЛАЗМА-ЛР позволяет исследовать 11 образцов из разных точек в окрестности посадочного аппарата.



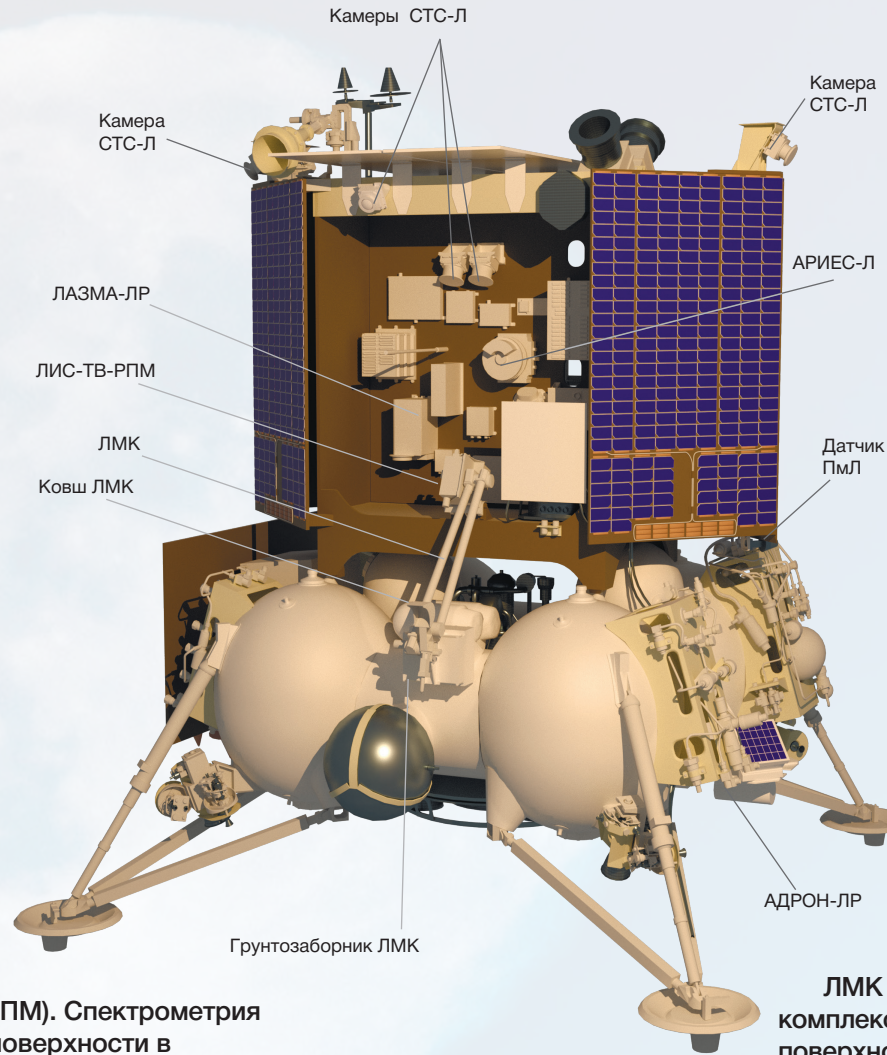
ЛИС-ТВ-РПМ (ИКИ РАН, Россия) — Лунный инфракрасный спектрометр (ЛИС) с Телевизионной камерой рабочего поля манипулятора (ТВ-РПМ). Спектрометрия отраженного излучения поверхности в

видимом и инфракрасном диапазонах позволит определить минералогический состав реголита Луны и содержание в нем молекул воды. ЛИС-ТВ-РПМ установлен на манипуляторе, который после раскопки поверхности будет наводить прибор на вещество отвала или траншеи. Продолжительные измерения спектральных линий воды и/или гидроксидов позволят оценить скорость их сублимации. Данные ЛИС будут сопоставлены с аналогичными исследованиями других лунных миссий, в частности на борту российской орбитальной станции «Луна-26».



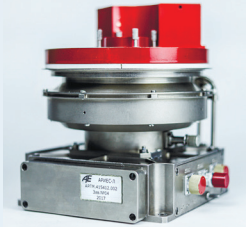
АДРОН-ЛР (ИКИ РАН, Россия) — Активный детектор радиации от нейтронов. Прибор предназначен для измерения элементного состава и оценки массовой доли воды в верхнем слое реголита ядерно-физическим методом нейтронного каротажа. Импульсный нейтронный генератор прибора облучает поверхность импульсами нейтронов с энергией 14 МэВ на глубину до 1 метра, а его детекторы измеряют спектральный состав потоков вторичного выходящего излучения нейтронов и гамма-лучей. Спектрометрия гамма-лучей

позволит сравнить состав полярного реголита в районе посадки. Данные измерений нейтронов помогут оценить массовую долю воды в грунте на глубину до 1 метра.

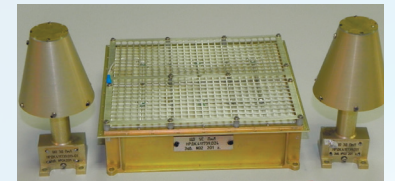


Для изучения реголита и экзосферы*:

АРИЕС-Л (ИКИ РАН, Россия) — Панорамный ионный энерго-масс-спектрометр для регистрации ионов в диапазоне энергий от 10 эВ до 5 кэВ и нейтральных частиц лунной экзосферы. Данные позволят исследовать эффекты взаимодействия солнечного ветра с лунной поверхностью и динамические процессы в полярной экзосфере. Анализ вторичных ионов и нейтральных частиц, выбитых с поверхности, позволит изучить состав верхнего слоя лунного реголита.



ПмЛ (ИКИ РАН, Россия) — Прибор пылевого мониторинга. ПмЛ измеряет потоки и основные параметры частиц лунных пылинок: заряд, массу, импульс и напряженность локального электрического поля Луны для регистрации левитирующих пылевых частиц лунной экзосферы. Данные измерений также нужны для исследования состояния экзосферы Луны в различные периоды лунных суток и активности Солнца и для изучения процесса левитации лунной пыли.



Вспомогательная научно-технологическая аппаратура:

ЛМК (ИКИ РАН, Россия) — Лунный манипуляторный комплекс. Прибор оснащен ковшем для раскопки поверхности и грунтозаборным устройством для забора образцов грунта и доставки их в прибор ЛАЗМА-ЛР. Максимальная глубина, с которой будет забран образец, составляет 40 см. Данные измерений в процессе раскопки позволят изучить физико-механические свойства грунта. ЛМК также обеспечит точное наведение установленного на нем прибора ЛИС-ТВ-РПМ на выбранные участки поверхности в окрестности КА.



СТС-Л (ИКИ РАН, Россия) — Служебная телевизионная система. Аппаратура бортового телевидения включает 8 камер: 4 широкоугольные камеры для панорамной съемки окружающего ландшафта, 2 узкоугольные стереокамеры на общем основании для съемки рабочего поля ЛМК и управления операциями по работе с грунтом, 2 камеры на кронштейне двигательной установки КА для съемки поверхности Луны в процессе снижения и посадки с целью отработки технологии создания системы высокоточной и безопасной посадки.



БУНИ (ИКИ РАН, Россия) — Блок управления научными исследованиями. Аппаратура обеспечивает коммутацию электропитания научных приборов, управление научной аппаратурой, сбор и хранение телеметрической и научной информации и ее передачу в бортовые системы КА.



* Экзосфера Луны - крайне разреженная атмосфера, состоящая из газов и плазмы.

РАБОТА НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

1 ГОД Время выполнения научной программы в течение срока активного существования КА. Исследования проводятся в течение лунного дня

1 ЛУННЫЙ ДЕНЬ ≈ **14,5 ЗЕМНЫХ СУТОК**

-170 °C Температура на Луне во время лунной ночи. Аппаратура КА выключена, тепловой режим поддерживается радионуклидными источниками тепла — РИТЭГ и ТБ

Задачи после прилунения:



Уточнить место посадки



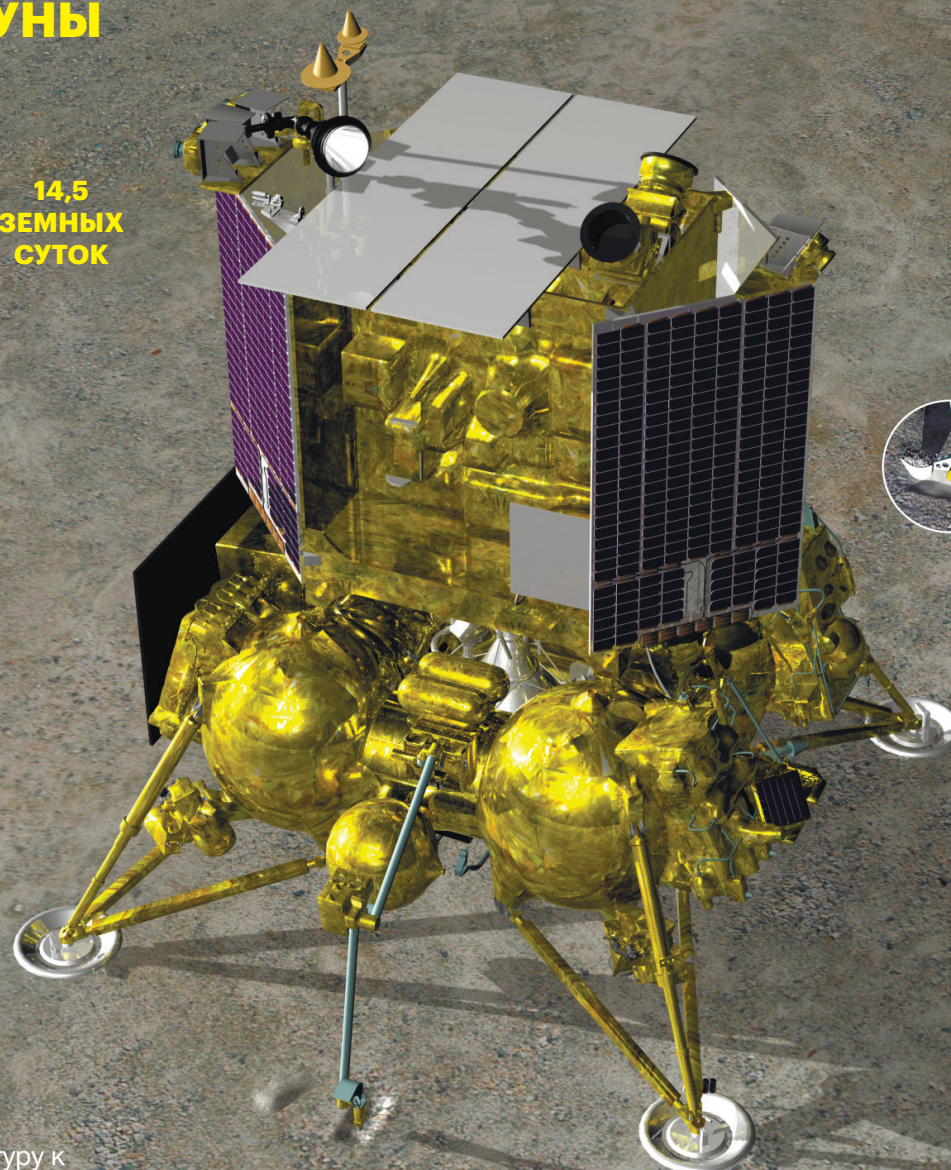
Провести съемку окрестностей места посадки и рабочего поля около КА, где должен работать манипулятор ЛМК



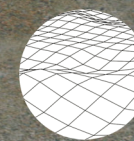
Передать на Землю панораму с места посадки, полученную с помощью четырех широкоугольных камер системы СТС-Л



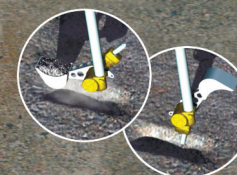
Протестировать и подготовить научную аппаратуру к работе жарким лунным днем при температуре до +120 °C и к выживанию лунной ночью



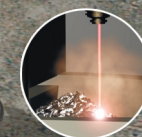
Начальный этап научной программы



Стереосъемки поверхности около КА с помощью двух узкоугольных камер системы СТС-Л, изображения с которых отправляются по радиоканалу на Землю, где выполняется построение трёхмерной цифровой модели рельефа в рабочей зоне манипулятора для определения пространственных координат с точностью около 1 - 2 см.



Проведение первых раскопок, взятие первых проб грунта и доставка в лазерный масс-анализатор ЛАЗМА-ЛР с управлением манипулятором ЛМК по данным стереосъемки камерами СТС-Л



Дистанционный анализ проб грунта и передача результатов на Землю



Периодическая панорамная съемка, в том числе в формате HDR (High Dynamic Range - формат с расширенным диапазоном регистрируемых яркостей).



Мониторинговые исследования лунного реголита и лунной пыли

Дальнейшая программа научных исследований в основном посвящена изучению состава лунного грунта и мониторингу окружающей экосферы

НАЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ

Для круглосуточного оперативного управления аппаратом на всех этапах его автономного полета и работы на поверхности Луны создан наземный комплекс управления, включающий сектор главного конструктора в составе центра управления полетами (ЦУП) НПО Лавочкина, ЦУП Центрального научно-исследовательского института машиностроения (ЦНИИмаш, входит в состав Госкорпорации «Роскосмос») и наземные станции, расположенные на территории Российской Федерации.

НАЗЕМНЫЙ НАУЧНЫЙ КОМПЛЕКС

Для обеспечения выполнения научной программы проекта создан наземный научный комплекс. Основные задачи комплекса:

- оперативный контроль состояния комплекса научной аппаратуры и условий проведения научных исследований,
- полный цикл сбора, обработки, анализа и долговременного хранения всех типов данных, принимаемых с борта КА «Луна-25»,
- подготовка программ проведения наблюдений,
- распространение научной информации среди научных учреждений-участников проекта.

Наземный научный комплекс взаимодействует с сектором главного конструктора НПО Лавочкина из состава наземного комплекса управления.

ЗАПУСК КА «ЛУНА-25», ПЕРЕЛЕТ ЗЕМЛЯ-ЛУНА

Средства выведения:



Ракета носитель (РН) «Союз 2.1б» с разгонным блоком (РБ) «Фрегат».
Космодром: Восточный

РН среднего класса «Союз 2-1.б» создана в ракетно-космическом центре «Прогресс» (входит в Госкорпорацию «Роскосмос»), имеет двигатель 3-й ступени с повышенными энергетическими характеристиками, улучшенную точность выведения, устойчивость и управляемость, увеличенную массу полезной нагрузки.



Универсальный разгонный блок «Фрегат», разработанный в НПО Лавочкина, используется в составе ракет-носителей среднего класса для автономного выведения космических аппаратов на различные околоземные орбиты и отлетные траектории.

Характеристики РБ «Фрегат»:

- высокая точность выведения за счет применения аппаратуры спутниковой навигации в контуре управления РБ;
- многократность (до семи раз) включения маршевой двигательной установки, что дает возможность выведения нескольких полезных нагрузок на различные орбиты в рамках одного запуска;
- длительное (до двух суток) время активного существования;
- алгоритмы управления, позволяющие преодолевать ряд нештатных ситуаций;
- высочайшая надежность;

а также возможность запуска с трех космодромов, расположенных в разных географических зонах (Байконур, Плесецк, Восточный), дает разгонному блоку неоспоримые конкурентные преимущества перед мировыми аналогами.

Перелет по штатной программе составляет от 4,5 до 5,5 суток в зависимости от конкретной даты пуска. Во время перелета предусмотрено две коррекции с помощью двигательной установки посадочного аппарата. После отработки тормозного импульса «Луна-25» выходит на круговую окололунную орбиту искусственного спутника Луны высотой 100 км, работает на ней от трех до семи суток, при этом выполняются тщательные траекторные измерения для формирования предпосадочной орбиты. Затем выбирается район посадки (основной или резервный) и формируется посадочная орбита с высотой периселения 18 км над районом предстоящей посадки.

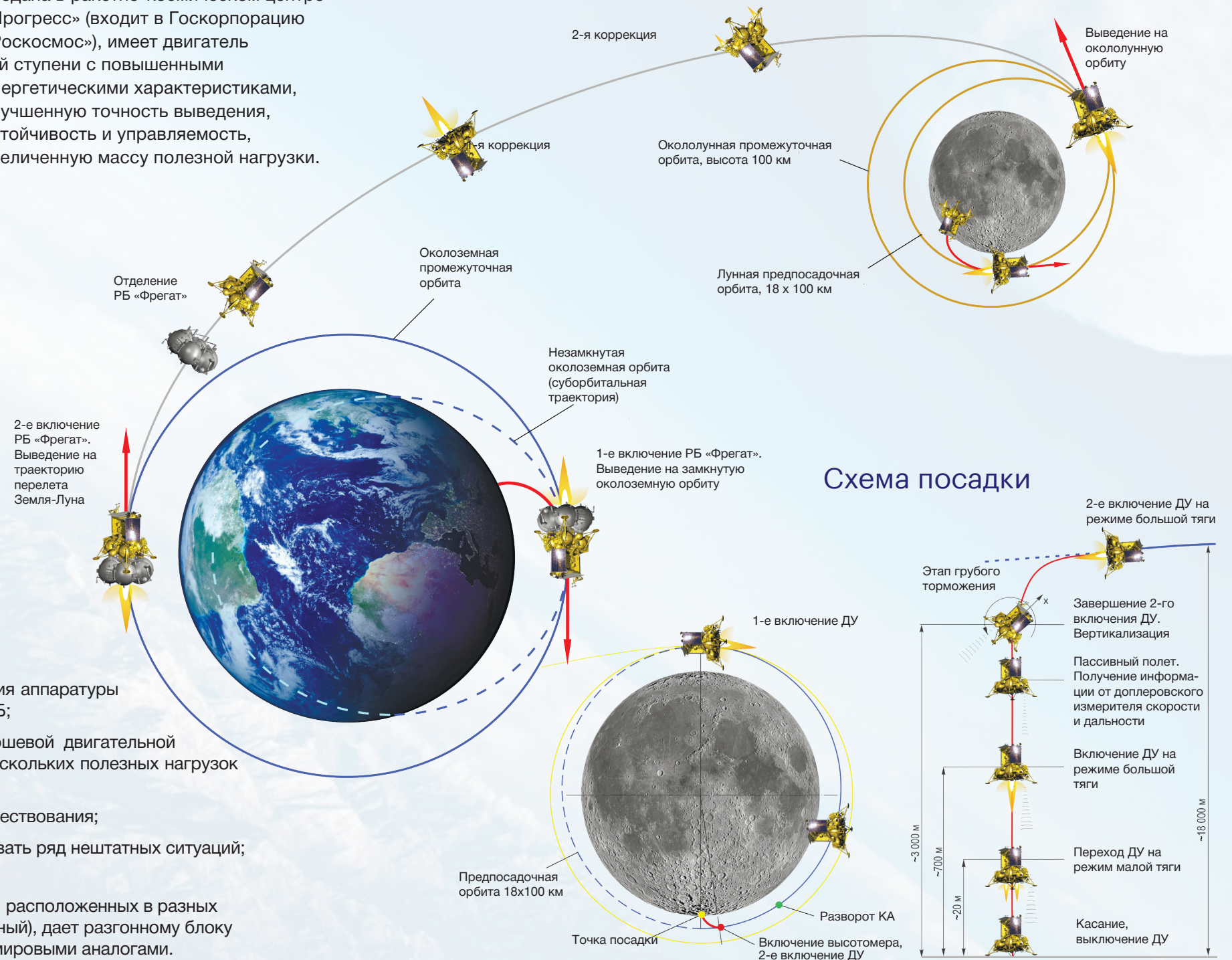
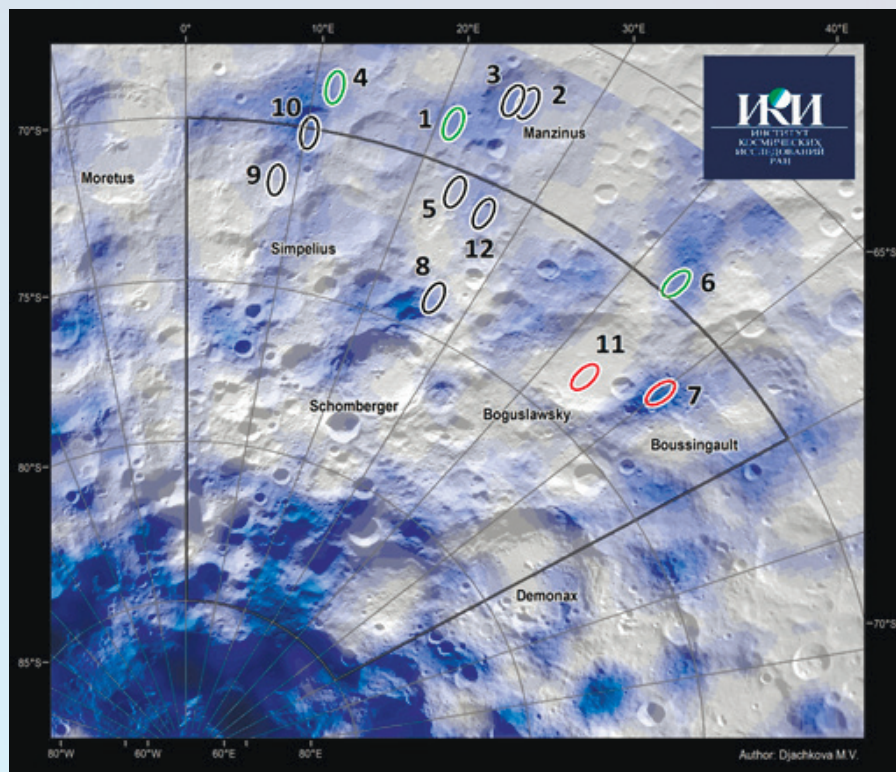


Схема посадки

В ОКРЕСТНОСТИ ЮЖНОГО ПОЛЮСА

Выбор районов посадки



Восточный сектор южной полярной области Луны с предложенными районами-кандидатами посадки КА «Луна-25». Оттенками серого цвета на рисунке отмечен рельеф поверхности восточного полярного сектора по данным измерений прибора ЛОЛА космического аппарата НАСА ЛРО. Оттенками синего показана оценка массовой доли воды в грунте от 0 до 0,5% согласно измерениям прибора ЛЕНД на борту ЛРО.

Восточный сектор южной полярной области Луны был изучен для выбора районов-кандидатов для посадки КА на основе оптимального сочетания инженерных требований безопасной посадки, благоприятных условий освещенности и радиовидимости с одной стороны, и предпосылок для успешного выполнения научных исследований – с другой. Предварительно были отобраны 12 районов-кандидатов с размерами 30 на 15 км.

Среди этих кандидатов после детального анализа баллистических условий орбитального полета окончательно выбраны 2 района для посадки:

- основной район (на рисунке № 6), расположенный к северу от кратера Богуславский, координаты центра эллипса 69.545° ю.ш. и 43.544° в.д.
- резервные районы: юго-западнее кратера Манцини, координаты центра эллипса 68.773° ю.ш. и 21.210° в.д. (на рисунке № 1) и к югу от кратера Пентланд А, координаты центра эллипса 68.648° ю.ш. и 11.553° в.д. (на рисунке № 4)

Выбранные районы обеспечивают хорошие условия освещенности, около 45% от лунных суток, и радиовидимости для отечественных наземных станций. Средний наклон поверхности в пределах эллипса посадки составляет $4,7^{\circ}$ и $3,7^{\circ}$ для основного и резервного районов соответственно. Ожидаемая массовая доля воды в верхнем слое реголита этих районов составляет не менее 0,1% по массе.

Лунная полярная вода

Луна обращается вокруг Земли так, что солнечные лучи освещают полярные области по касательной, не достигая дна глубоких кратеров и расщелин на полюсах. Ожидалось, что лед на Луне может находиться только в постоянно затененных районах - «холодных ловушках» вокруг полюсов, потому что днем в условиях Луны он будет мгновенно испаряться.

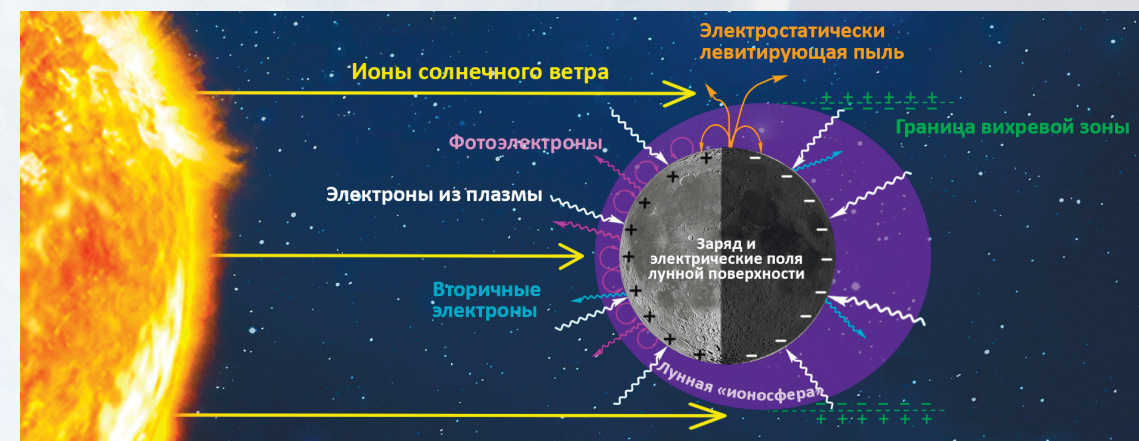
Благодаря российскому прибору ЛЕНД (ИКИ РАН) удалось установить, что вода есть и на освещаемой поверхности, но находится она на некоторой глубине, под слоем сухого реголита, который служит хорошей теплозащитой («лунная вечная мерзлота»). Доля воды по массе там может составлять до 0,5%. Также выяснилось, что количество водорода в затененных участках Луны ненамного выше, чем в освещаемых.

Чтобы найти и исследовать воду, необязательно садиться на дно постоянно затененных кратеров – можно прилуниться неподалеку, на освещаемой Солнцем поверхности и взять образцы, удалив верхний слой реголита до глубины 20–30 см.

Южный полярный реголит

В окрестностях Южного полюса на обратной стороне Луны находится интереснейшее образование — бассейн Южный полюс – Эйткен размером 2 400 x 2 050 км, один из крупнейших кратеров Солнечной системы. Выбранные районы посадки КА «Луна-25» расположены недалеко от границ этой огромной впадины, образовавшейся при ударе крупного метеорита о «первичную Луну» около 4 млрд. лет назад. При соударении на поверхность было выброшено вещество из глубинных недр Селены. Его важно изучить, чтобы понять, как образовывалась двойная система Луна–Земля.

Южная полярная экзосфера



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

Поток солнечного ветра у полюсов, в отличие от умеренных широт, идет практически параллельно поверхности. В полярной экзосфере происходят сложные динамические процессы взаимодействия космической плазмы с нейтральными частицами и лунной пылью.

Лунная пыль создает много проблем и опасностей для технических систем и для здоровья космонавтов: активное воздействие на элементы и системы КА, налипание на любые поверхности и проникновение сквозь уплотнения герметичных систем, затруднение механизированных работ на Луне. Микрочастицы пыли токсичны и обладают высокой химической активностью.

Кроме того, под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца пылинки могут приобретать электрический заряд и левитировать в электростатическом поле поверхности. В районе полюсов такая левитация имеет сложный характер, так как условия освещенности и затенения изменяются в широком диапазоне.

Для нового этапа освоения Луны с участием человека необходимо более глубокое понимание динамики плазменно-пылевой экзосферы вблизи поверхности Луны.

РОССИЙСКАЯ ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЯ ЛУНЫ

Первый этап: исследования с помощью автоматических космических аппаратов



«Луна-25»

Первый лунный полярный посадочный аппарат для отработки базовых технологий посадки в околополярной области и проведения приоритетных исследований реголита и экзосферы в окрестности Южного полюса.

Масса КА ~ 1 800 кг
Масса комплекса научной аппаратуры ~ 31 кг

«Луна-26»

Орбитальный аппарат для проведения комплексных дистанционных исследований Луны на окололунной орбите, создания топографической карты Луны с разрешением 2-3 метра при помощи стереосъемки, а также отработки радиолинии связи с посадочной станцией, находящейся на поверхности Луны.

Масса КА 2 220 * кг
Масса комплекса научной аппаратуры 160 * кг

«Луна-27»

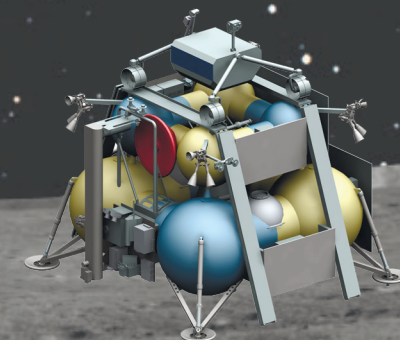
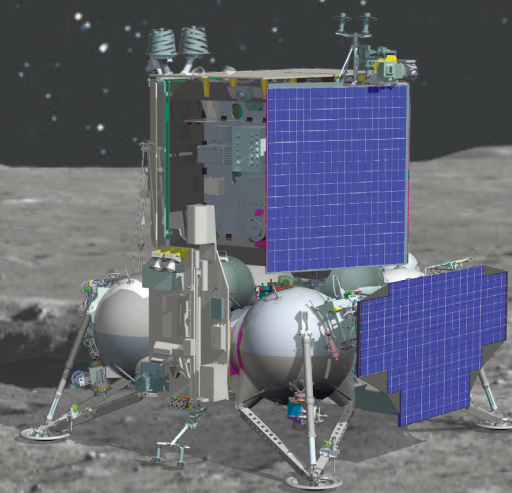
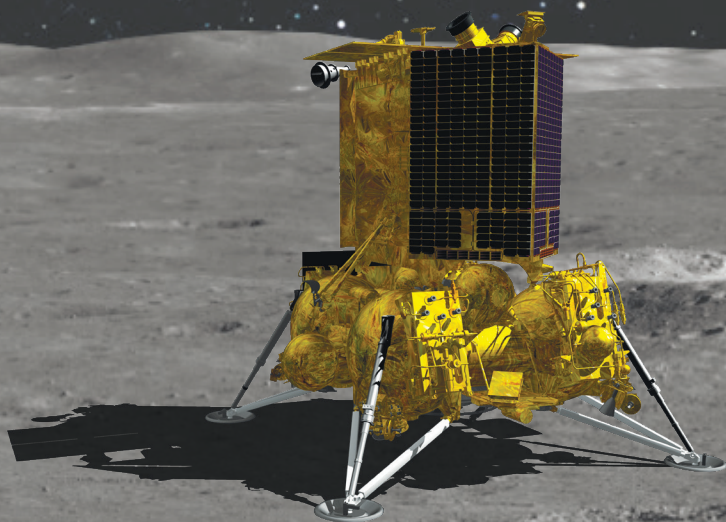
Посадочный аппарат для отработки технологии высокоточной и безопасной посадки в непосредственной окрестности Южного полюса, исследований in situ полярного реголита и экзосферы, включая изучение состава образцов вещества с глубины около 1 метра.

Масса КА 2 220 * кг
Масса комплекса научной аппаратуры 60 * кг

«Луна-28»

Посадочный аппарат для забора и доставки на Землю образцов лунного полярного вещества с глубины до двух метров с сохранением замерзшей воды и летучих соединений, а также для исследований in situ полярного грунта и экзосферы с борта оставшихся на поверхности автономных аппаратов.

Масса КА 6 450 * кг
Масса полезной нагрузки, доставляемой на Луну до 267 * кг



* возможно уточнение по результатам проектирования