

# Луна: исследование и освоение Вчера, сегодня, завтра, послезавтра

*Если у тебя спрошено будет: что полезнее, Солнце или месяц — ответствуй: месяц. Ибо солнце светит днем, когда и без того светло.*

Козьма Прутков

Л.М.Зеленый, В.В.Хартов, И.Г.Митрофанов, В.П.Долгополов

Эту статью следует начать с вопроса: можно ли представить себе будущее развитие земной цивилизации без освоения и использования Луны? По нашему мнению, ответом должно быть категорическое «нет». Двойная система Земли и Луны — достаточно уникальный астрономический объект, в котором небольшая по массе планета обладает удивительно массивным спутником на относительно небольшом расстоянии от нее. Есть веские основания полагать, что древние гигантские приливы, вызываемые Луной, которая 4 миллиарда лет назад находилась к Земле гораздо ближе, сыграли важную роль в зарождении земной жизни.

## Секреты привлекательности

Поверхность Луны получает такой же поток солнечной энергии, как и Земля. Состав лунных минералов разнообразен и вполне пригоден для освоения и промышленного использования. На Луне нет атмосферы, но в окрестности ее холодных полюсов есть районы, где температура не поднимается выше  $-200^{\circ}\text{C}$  и где в течение сотен миллионов лет откладывались летучие соединения. Огромные их запасы включают и обычный (водяной) лед, что позволит создать обитаемые комплексы

© Зеленый Л.М., Хартов В.В., Митрофанов И.Г., Долгополов В.П., 2012



**Лев Матвеевич Зеленый**, академик, директор Института космических исследований РАН, профессор Московского физико-технического института. Научные интересы связаны с плазменными процессами в космической среде, физикой и эволюцией Солнечной системы. Член ряда международных научных организаций. Руководитель проектов «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс». Член редколлегии «Природы».



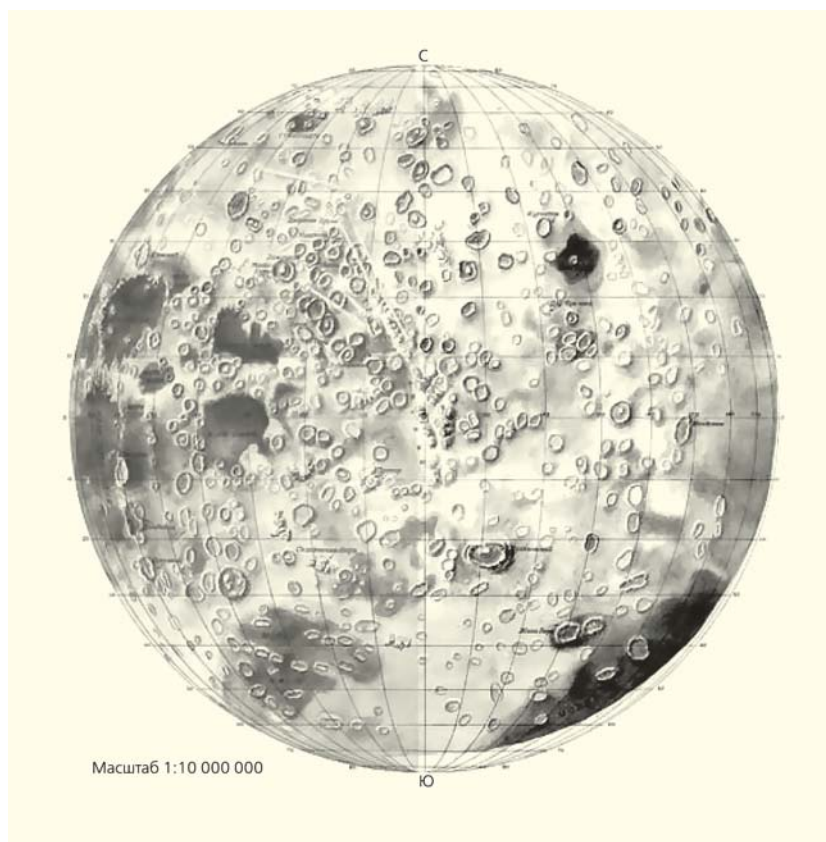
**Виктор Владимирович Хартов**, доктор технических наук, генеральный директор и генеральный конструктор ФГУП «НПО им.С.А.Лавочкина». Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники (2008), заслуженный конструктор РФ. Специалист по автоматическим космическим аппаратам.



**Игорь Георгиевич Митрофанов**, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией космической гамма-спектроскопии ИКИ РАН. Область научных интересов — астрофизика высоких энергий и ядерная планетология. Руководитель российских экспериментов ХЕНД, ЛЕНД и ДАН на борту автоматических межпланетных аппаратов НАСА.



**Владимир Павлович Долгополов**, главный конструктор по направлению «Лунная программа» Центра планетных исследований ФГУП «НПО им.С.А.Лавочкина». Занимается конструированием автоматических космических аппаратов.



Первая карта обратной стороны Луны, полученная советской автоматической лунной станцией.

лунных баз с полностью автономным циклом жизнеобеспечения. Гравитация Луны гораздо меньше земной, но ее вполне хватит, чтобы, обеспечив привычную для людей силу тяжести, поддерживать физиологический тонус участников продолжительных лунных экспедиций. Наконец, размещение обитаемых комплексов под поверхностью на глубине всего нескольких метров полностью решит самую сложную проблему дальних космических полетов за пределами земной атмосферы и магнитосферы — обеспечение защиты экипажа от космических лучей и солнечной радиации. Сравнивая условия работы космонавтов-исследователей на лунной базе и на орбитальной станции на низкой околоземной орбите, можно утверждать: в перспективе условия на Луне окажутся гораздо более безопасными и комфортными.

Освоение человечеством Солнечной системы, предсказанное нашим соотечественником К.Э.Циолковским сто лет тому назад, уже началось и будет неуклонно продолжаться. Наиболее интересным (и, скорее всего, последним в обозримой исторической перспективе) стратегическим рубежом этого освоения, безусловно, станет Марс, природная среда которого вполне пригодна для целенаправленного преобразования в аналог земной. Вероятно, через несколько веков на Марсе будет присутствовать колония людей. Однако в ближайшие десятилетия марсианские исследования могут проводиться только с помощью автоматических станций — современная космонавтика пока не готова к пилотируемым экспедициям на красную планету. Прежде всего необходимо исключить риск радиационного поражения экипажей во

время длительного межпланетного перелета. Кроме того, чтобы понять, что нас ожидает на Марсе, нужно проверить, существуют ли там какие-то, вероятно примитивные, формы внеземной жизни. Современные исследователи активно работают над этими вопросами, но пройдет еще несколько десятков лет, пока вопрос организации пилотируемых полетов к Марсу сможет перейти в практическую плоскость. Многие же научные и инженерные проблемы будущей марсианской космической программы могут быть решены и технически отработаны в ходе освоения Луны.

С точки зрения фундаментальной науки Луна до сих пор хранит множество загадок. Достаточно сказать, что до сей поры нет единой общепризнанной модели образования нашей ближайшей соседки. Имеющиеся экспериментальные данные противоречивы и не позволяют однозначно отдать предпочтение какой-либо из нескольких существующих теорий.

Не совсем ясно и происхождение летучих веществ, в том числе и водяного льда, в полярных областях Луны. Принесены ли они туда кометами, образовались ли в результате химических реакций лунных минералов с частицами солнечного ветра или являются продуктом каких-либо процессов в лунных недрах, сказать пока сложно.

Лунные исследования в следующие 10—15 лет должны, на наш взгляд, стать центральными в отечественной космической программе и заложить на ближайшие десятилетия научно-инженерный фундамент освоения Луны. В лунных проектах наилучшим образом сочетаются пилотируемая космонавтика и исследования автоматическими аппаратами, что принципиально важно именно для российской программы космических исследований.

Рассмотрим вкратце основные задачи изучения и освоения Луны, современное состояние

лунной космонавтики, а также возможные сценарии российской лунной программы в ближайшей исторической перспективе.

### Цели и средства: прежде и теперь

Общепризнанно, что лунная гонка СССР и США в 60–70-х годах прошлого века стала мощным стимулом развития отечественной и мировой космонавтики. Наш пилотируемый космический корабль «Союз» был создан в качестве лунного перелетного модуля. Тяжелый ракетоноситель «Протон» был также разработан для лунной программы. Ракетные двигатели, сконструированные для лунного ракетносителя Н-1, остаются востребованными как для современных, так и для перспективных ракет.

Нашей стране принадлежат четыре пионерских результата в освоении Луны. Это получение первой фотографии обратной стороны Луны («Луна-3», 1959), первая мягкая посадка на Луну («Луна-9», 1966), первая автоматическая доставка на Землю лунного вещества («Луна-16», 1970) и создание первого автоматического лунохода («Луна-17», 1970).

И хотя первыми людьми, ступившими на поверхность спутника Земли, стали американские астронавты («Аполлон», 1969), отечественные достижения XX в. безусловно сохраняют свое значение и дают основу возрождения российской лунной программы века XXI.

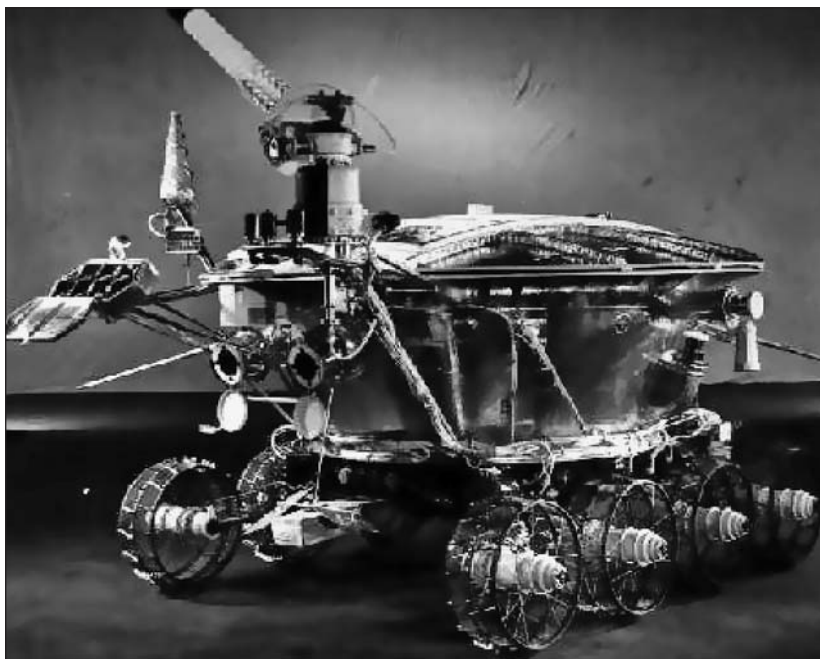
Второй виток лунной гонки (во многом уже не в соперничестве, а в сотрудничестве) начался в 90-е годы прошлого века. Он связан с обнаружением признаков легучих (в том числе и водяного льда) внутри постоянно затененных областей (находящихся, как правило, в кратерах) в приполярных областях Луны, где солнечные лучи падают на поверхность почти по ка-



Капсула автоматической лунной станции «Луна-20», доставившая на Землю образцы лунного грунта во второй раз (1972).

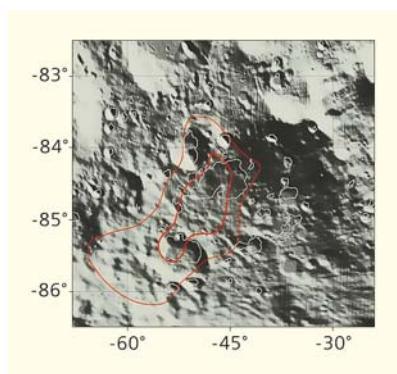
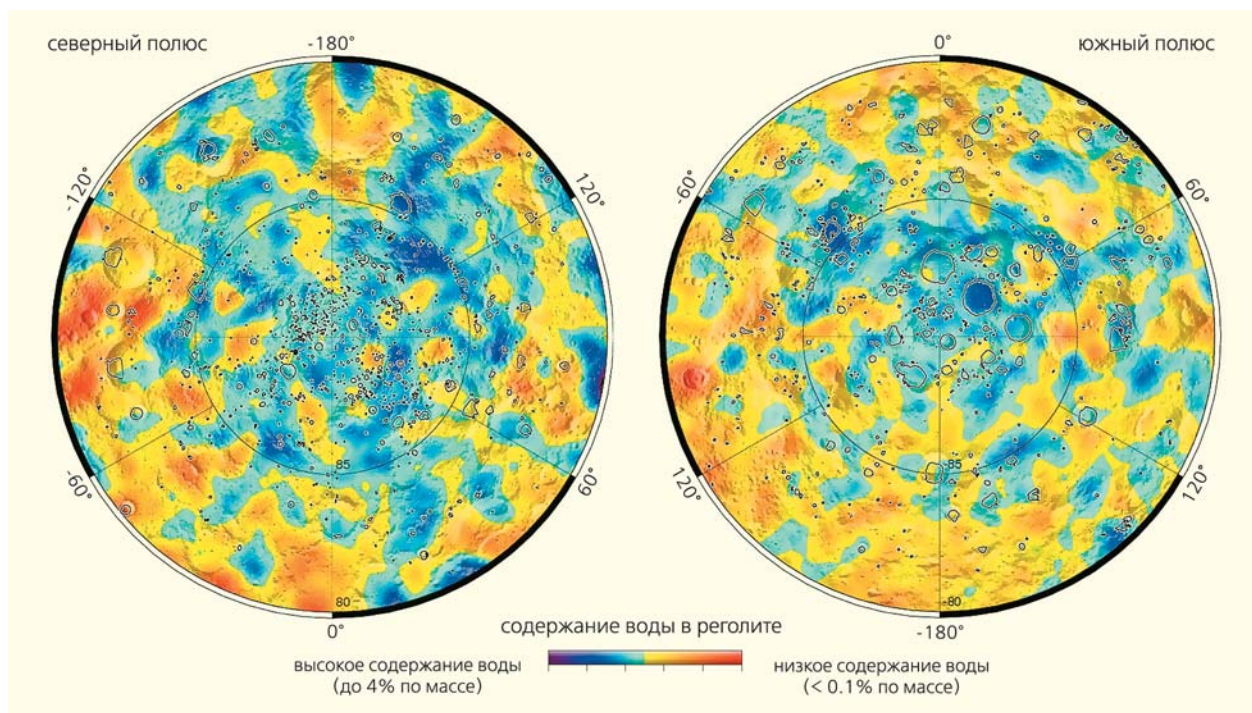
сательной. Этот весьма интересный научный результат не имел, как тогда казалось, прямого практического выхода — посадка космического аппарата в такой темной области, лишенной потока солнечной энергии, представляла бы собой сложнейшую техническую задачу с точки зрения энергообеспечения техники («mission impossib-

le», как ее характеризовали наши американские коллеги). Но ситуация в корне изменилась, когда российский нейтронный прибор «ЛЕНД» («Lunar Exploration Neutron Detector» — «Лунный исследовательский нейтронный детектор»), и поныне работающий на борту американского космического аппарата «ЛРО» («Lunar Reconnaissance Or-



Первый автоматический Луноход («Луна-17»).





«Новая Луна XXI века»: содержание воды в реголите полярных районов Луны. Данные российского прибора «ЛЕНД» на борту спутника НАСА «ЛРО» (руководитель эксперимента И.Г.Митрофанов).

Отдельно показана окрестность южного полярного кратера Кабеус. Оттенками серого цвета изображен рельеф Луны по данным лазерного высотомера «ЛОЛА», белые контуры показывают границы постоянно затененных районов, красные контуры — границу и центральную область района повышенной концентрации водяного льда в лунном реголите этого кратера по данным прибора «ЛЕНД». Наличие около 5% по массе водяного льда в обнаруженной области «вечной мерзлоты» было подтверждено прямым определением состава лунного вещества в активном эксперименте НАСА «ЛКРОСС».

biter» — «Лунный разведывательный спутник»), провел измерения содержания водяного льда в поверхностном слое лунного реголита с гораздо более высоким пространственным разрешением. Оказалось, что летучие вещества, в том числе и водяной лед, могут находиться в небольших полярных областях лунной «вечной мерзлоты» как внутри, так и вне постоянно затененных областей вблизи полюсов Луны. Это сразу сделало возможным (mission is possible) прямое экспериментальное исследование данных веществ посадочными аппаратами in situ. Для организации такой экспедиции надо выбрать приполярный

район, где удовлетворяются сразу три условия:

- обеспечивается освещение Солнцем, как можно более продолжительное в течение одних лунных суток, одной лунации;

- существуют длительные периоды радиовидимости Земли, необходимые для управления аппаратом и передачи собранной информации;

- присутствует реголит с заметными включениями водяного льда, причем прямо под «ногами» севшего на поверхность аппарата.

Такие районы в приполярных областях Луны действительно есть, хотя их и очень не-

много. Открылся новый фронт работ, что было учтено в Федеральной космической программе на 2006—2015 гг. Научные исследования, планируемые в ее рамках, нацелены не только на решение текущих задач изучения Луны, но и создают фундамент будущего практического освоения нашего естественного спутника. Здесь можно выделить три самых актуальных цели.

Во-первых, как уже говорилось, очень важно детально изучить состав лунного полярного реголита. В отложениях летучих, если они действительно доставляются кометами и астероидами, может быть закодиро-

вана естественная хроника глобальных процессов эволюции солнечной системы за все время ее существования. Если споры простейших организмов внеземного происхождения переносятся между звездными системами под ледяными панцирями межзвездных комет, эти споры должны присутствовать и в веществе лунных полюсов. Изучение полярного реголита высокоточными методами в земных лабораториях может раскрыть тайну происхождения жизни на Земле и — в целом — в нашей Галактике. С другой стороны, разработка технологии добычи и переработки грунта непосредственно на Луне — необходимое условие будущего использования летучих соединений на борту лунной станции и лунных транспортных средств.

Во-вторых, нужно изучить физические условия на поверхности полярной Луны и процессы в полярной экзосфере. Эти условия могут существенно отличаться от аналогичных на умеренных широтах. Дело в том, что в окрестности лунных полюсов плазма солнечного ветра движется почти по касательной к поверхности, и локальные особенности рельефа вносят существенный вклад в процесс взаимодействия этой плазмы с грунтом. Например, явления в плазменной и пылевой экзосфере могут зависеть от переменного электрического поля на границе освещенных и затененных участков поверхности. Не менее важен вопрос о радиационной обстановке на лунной поверхности в условиях спокойного и активного Солнца. Наблюдение и краткосрочное прогнозирование солнечной активности будет весомым практическим результатом этих исследований.

В-третьих, необходимо обследовать с орбиты и непосредственно с поверхности наиболее благоприятные районы возможного размещения постоянно действующей лунной базы

и начать создавать на одном из них элементы космической инфраструктуры, обеспечивающей транспортные операции, энергоснабжение обитаемого комплекса и связь. Вероятно, эти районы должны располагаться в окрестности лунных полюсов, поскольку именно там лунный реголит имеет относительно высокое содержание водяного льда и период освещенности Солнцем максимален (что требуется для эффективной работы солнечных энергетических установок). Место расположения лунной базы должно также быть интересным как для научных исследований самой лунной поверхности в его окрестности, так и для размещения солнечных, геофизических и астрономических обсерваторий (основную часть времени эти обсерватории будут работать в автоматическом режиме, но космонавты должны иметь возможность проводить их техническое обслуживание и настройку приборов).

Очевидно, что такая обширная совокупность требований к выбору районов размещения базы уменьшает число потенциально интересных областей до нескольких единиц. Именно эти области станут объектами особого внимания для будущих покорителей Луны, и участие нашей страны в данных изысканиях, безусловно, отвечает национальным интересам.

### Начало положено

На первом этапе лунной программы решать указанные задачи будут автоматические исследовательские станции, которые обеспечат проведение исследований Луны — глобальных (с орбиты) и локальных (непосредственно на поверхности в самых привлекательных районах).

В первом десятилетии текущего века практически все ведущие космические агентства начали реализацию подобных

проектов, имея в виду перспективу перейти на основе полученных результатов от исследовательских задач к задачам освоения. На окололунной орбите успешно отработали лунные спутники Японии «Кагуяя», Индии «Чандрайян-1» и два спутника Китая «Чанг'Е» (начав своеобразную азиатскую лунную гонку теперь уже XXI века). Сейчас вокруг Луны летает американский исследовательский спутник «ЛРО» и на пути к Луне находятся два исследовательских аппарата НАСА «Грайл». Европейское космическое агентство разрабатывает спускаемый аппарат для высокоточной посадки в районе лунного полюса, а в Японии создают интеллектуальный луноход для исследования лунной поверхности.

Последним лунным проектом нашей страны была автоматическая станция «Луна-24» 1976 г. Провести первые исследования по перечисленным проблемам в текущей национальной космической программе России призваны два проекта — «Луна-Ресурс» и «Луна-Глоб». Первый — совместный с Индией; в его рамках наша страна должна доставить в южный полярный район спускаемый аппарат с индийским луноходом на борту. В проекте «Луна-Глоб» будут созданы отечественные автоматические аппараты: орбитальный (для дистанционного изучения поверхности, подповерхностных областей, экзосферы Луны, ее гравитационных и магнитных аномалий) и спускаемый (со специальной криогенной бурильной установкой для исследования летучих веществ; их рассчитывают найти на глубинах 1,5—2 м от поверхности). Предполагается, что этот посадочный аппарат будет отправлен уже на противоположную, северную полярную область Луны. Оба проекта планируются пока на 2014—2015 гг., и в случае их успешного выполнения наша страна фактически восстановит

свои позиции в исследованиях нашего спутника автоматическими станциями после почти 40-летнего перерыва. Возникает вопрос — а что потом?

## Взгляд в будущее

Очевидно, что лунная программа России не должна завершиться после выполнения проектов «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс». Ее должны продолжить автоматические лунные станции следующего поколения, которые будут разработаны для проведения взаимно-согласованной последовательности исследовательских проектов, направленных на достижение основной цели — начала пилотируемых экспедиций к Луне и первых этапов программы ее освоения.

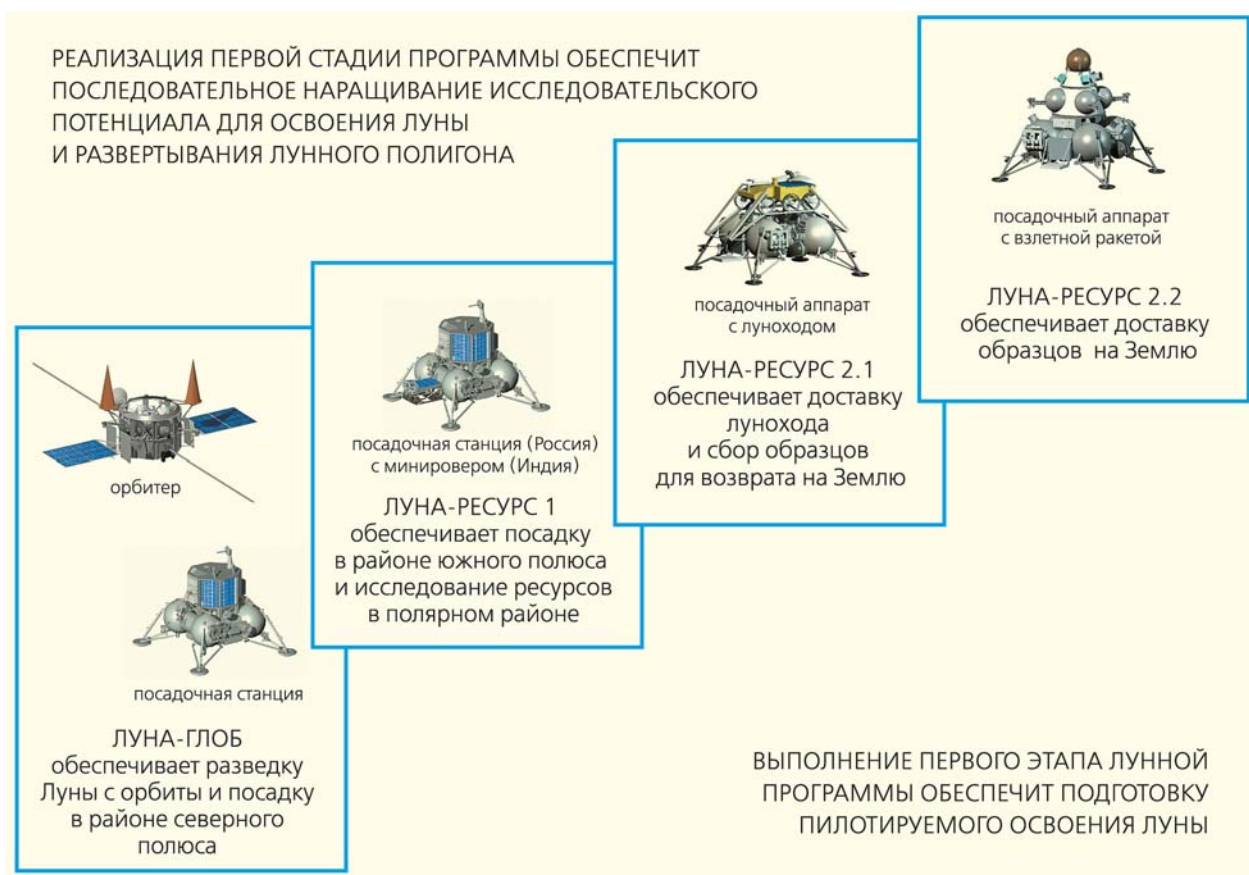
Успех проектов «Луна-Ресурс» и «Луна-Глоб» позволит

восстановить технологии отечественных лунных автоматических станций, в том числе мягкой посадки на Луну и обеспечения продолжительной работы аппарата в условиях длительной лунной полярной ночи. Научные эксперименты, которые будут проведены на этих станциях, дадут возможность выяснить состав летучих соединений в лунном полярном реголите и выбрать наиболее перспективные районы для следующих шагов в освоении Луны.

А следующие шаги (проект «Луна-Ресурс 2.1»), которые необходимо сделать уже (ориентировочно) в 2016—2020 гг., связаны с проведением продолжительной автоматической экспедиции в один из полярных районов с использованием лунохода длительной эксплуатации (до пяти лет) и большого (до 50 км) радиуса действия. Основной задачей лунохода станет

сбор наиболее интересных образцов вещества для последующей доставки на Землю. Эти образцы должны отбираться с глубины, достигающей по крайней мере 2 м, для чего пригодится бурильная установка, разработанная и испытанная в рамках проекта «Луна-Глоб». Добытые образцы будут сортироваться аналитическими приборами на борту для отправки на Землю. Число отобранных образцов вещества из различных районов Луны должно составлять минимум шесть-семь единиц.

Во время работы лунохода предполагается провести отработку высокоточной посадки экспериментального спускаемого аппарата в окрестности расположения лунохода и с использованием сигнала-пеленга с его борта. После посадки могут быть проведены совместные научные и технологические эксперименты лунохода с посадочным аппа-



Проекты первого этапа лунной программы.



ратом (механическая и электрическая стыковка, совместное обеспечение выживания аппаратов в условиях лунной ночи, совместный предварительный анализ большого числа образцов грунта и др.). Также планируется отработать процедуры перегрузки грузов с борта лунохода на борт спускаемого аппарата и создать первую многомодульную исследовательскую станцию на поверхности Луны, которая будет иметь общие системы энергопитания, связи с Землей и обеспечения теплового режима.

Следующий шаг — проект «Луна-Ресурс 2.2» — связан с завершением мобильных исследований полярной Луны с борта лунохода и доставкой на Землю отобранных образцов лунного полярного грунта. Сначала луноход доставит собранный груз в район посадки следующего посадочного аппарата, состыкуется с ним и перегрузит на него капсулы с отобранными образцами. С борта посадочного аппарата стартует возвратная ракета для доставки образцов на Землю. После старта ракеты луноход может продолжить научные и технологические эксперименты как в автономном режиме, так и в составе обсуждаемой сейчас совместной российско-европейской автоматической станции.

В заключение упомянем серьезную проблему, осложняющую работу техники на Луне, — наличие большого количества пыли. Для защиты от нее механизмов и конструкций посадочных аппаратов будет использован успешный опыт работы луноходов и экспедиций программы «Аполлон». Чтобы разобраться с физикой пылевых процессов на Луне, в состав комплекса научной аппаратуры обоих посадочных аппаратов входит прибор «ПМЛ» («Пылевой мониторинг Луны»), кото-

рый произведет измерения характеристик пылевых частиц (их распределения по размерам и заряду), а также исследует электростатические поля, возникающие вблизи аппарата за счет зарядки частиц пыли солнечным излучением.

### Итак...

Выполнение предложенной программы позволит:

- получить фундаментальные научные знания о полярных районах Луны, о процессах возникновения и эволюции Луны, о ранних этапах образования и эволюции Солнечной системы (эти результаты позволят планировать как дальнейшие научные космические исследования на лунных полярных полигонах и на окололунной орбите, так и будущие пилотируемые экспедиции);

- построить научно-инженерную модель поверхности и экзосферы лунных полярных районов и исследовать наличие и распространенность летучих соединений в полярном реголите (эта информация станет научно-технической базой для освоения Луны человеком, для создания элементов лунной космической инфраструктуры);

- воссоздать в России на современном уровне технологии лунной посадки, продолжительной работы аппаратов на поверхности Луны, технологии мобильных исследовательских экспедиций на автоматических долгоживущих луноходах большого радиуса действия и технологии возврата космических аппаратов с Луны на Землю — ключевые для освоения Луны (наличие этих технологий у России гарантирует доступ к лунным ресурсам, если такая задача будет поставлена перед космической отраслью; ясно также, что этот технологичес-

кий задел необходим для решения сходных задач изучения Марса, астероидов, спутников Юпитера и Сатурна);

- организовать сотрудничество с зарубежными странами, что позволит России сэкономить значительные средства и сосредоточить свои усилия на разработке наиболее перспективных космических технологий, в которых у нашей страны имеется опыт и технологический задел (бурение и добыча реголита, технологии лунохода, создание радиоизотопных источников энергии, возврат аппарата с Луны на Землю).

Проекты исследования Луны автоматическими космическими аппаратами, о которых здесь шла речь, уже включены (с той или иной степенью проработанности) в Федеральную космическую программу и представляют, на наш взгляд, первый и совершенно необходимый этап государственной программы освоения Луны. Следующие этапы этой программы связаны уже с пилотируемыми полетами и должны обстоятельно обсуждаться в последующих публикациях. Как мы уже отмечали выше, именно при решении лунных задач наиболее эффективно объединяются самые сильные стороны отечественной пилотируемой космонавтики с громадным опытом исследований на автоматических космических аппаратах.

В будущей статье мы планируем представить наши предложения по составу научных экспериментов, которые имеет смысл поставить на российском лунном полигоне. Уверены, землян на Луне ждет неременный успех!

А читателям, которым интересны детали истории лунных исследований, советуем полистать архив «Природы» — на страницах журнала она подробно отражена. ■