

**М. Я. Маров**

Институт прикладной математики Российской академии наук, Москва, Россия

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ И ОСВОЕНИЮ ЛУНЫ КАК ОСНОВЫ СТРАТЕГИИ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ НА ПЕРИОД ДО 2030—2040 гг.**

**I. Основа стратегии.** Основой стратегии космических исследований Солнечной системы на период до 2030—2040 г. должно быть детальное изучение Луны, опирающееся на автоматические космические аппараты и робототехнические системы, и начало ее освоения, включая пилотируемые экспедиции и развертывание элементов инфраструктуры для создания обитаемой лунной базы. Освоение Луны, как ближайшего к нам небесного тела, следует рассматривать в качестве важнейшей политической и народно-хозяйственной, задачи ближайшего будущего, обещающее огромный экономический эффект. В этот же период предполагается решение ряда фундаментальных научных проблем, связанных с природой, происхождением и эволюцией Солнечной системы, что требует проведения, наряду с Луной, комплекса исследований планет, их спутников и малых тел (комет, астероидов).

Такой подход не противоречит ранее определенной целевой задаче ФКП-2020 по разделу лунной программы, согласно которой, после полета на Луну серии автоматических аппаратов, предполагается создание технических средств и элементов инфраструктуры для исследования и освоения Луны пилотируемыми средствами. С этой целью предусмотрено создание перспективного пилотируемого корабля и транспортной системы, облет Луны, создание посадочно-взлетного комплекса, проведение экспедиций на Луну, развертывание лунной орбитальной станции в качестве опорного окололунного космического порта, создание постоянно-действующей лунной базы. Предполагается, что пример-

но та же схема в перспективе может послужить основой для пилотируемых полетов к Марсу.

Несомненно, что Россия, при выборе ключевых элементов рациональной и, вместе с тем, амбициозной космической программы, должна опираться, с одной стороны, на развитие имеющихся конкурентных преимуществ в средствах выведения, межорбитальной транспортировки и создании пилотируемых станций, а с другой стороны — на реальное ресурсообеспечение, технологические и экономические возможности, а также соображения обеспечения высокой надежности и безопасности. С этой точки зрения работа над проектом пилотируемого полета к Марсу на современном этапе представляется нереалистичной. Исходя из актуальных научных задач, технических возможностей и финансовых ограничений, альтернативы Луне попросту нет. Поэтому на ее детальном изучении и освоении надо сосредоточить усилия научных и производственных организаций на ближайшие примерно 20—30 лет, а работы по полетам к Марсу вести пока на уровне НИР. Это позволит не расплывать ресурсы, сделать настоящий рывок в космических технологиях и в обозримое время получить выдающиеся научные и практические результаты.

**II. Научное обоснование.** Луна представляет первостепенный интерес для космогонии, планетологии и наук о Земле — геофизики, геологии, геохимии. Поэтому изучение Луны и, прежде всего, попытка реконструкции основных эволюционных процессов имеют важнейшее значение, прежде всего, в контексте ее происхождения и лучшего понимания истории Земли. Между тем,

несмотря на значительный прогресс в знаниях о Луне, обеспеченный беспрецедентной по масштабам и затратам американской и советской космическими программами в 1960 — 1970-х годах, ответы на многие ключевые вопросы о природе и происхождении этого ближайшего к Земле небесного тела пока не найдены. Необходимо, в частности, получить убедительные данные для выбора между двумя основными гипотезами образования Луны: вместе с Землей из частично дифференцированного газопылевого вещества протопланетного диска, или в результате катастрофического столкновения ранней Земли  $\sim 4.6 \times 10^9$  лет назад с крупным небесным телом размером с Марс. Эти и другие важные вопросы следует рассматривать в контексте формирования всех планет и их спутников, включая расстояние от Солнца, раннюю эволюцию с учетом обилия высоко- и низкотемпературных конденсатов и газов, запасы радиогенных элементов. Луна дает вполне определенный подход к решению этих фундаментальных проблем.

В последние годы интерес к изучению Луны усилился в целом ряде стран. В значительной мере это вызвано политическими причинами: новые игроки в космических исследованиях — Китай, Индия и Япония — полетами к Луне хотят продемонстрировать свои возможности выйти за пределы околоземного космоса. Недавно США заявили о создании в обозримом будущем постоянно-действующей базы на Луне, что также продиктовано, в первую очередь, престижными соображениями. Вместе с тем, наблюдается и рост научного интереса к новому этапу лунных исследований. Связано это с тем, что, несмотря на громадный прогресс в наших знаниях о планетах и малых телах Солнечной системы (астероидах и кометах), становится все более очевидным, что ответы на ряд кардинальных вопросов современной космогонии легче найти, вернувшись на Луну. Это потребует проведения комплексных исследований на ее поверхности и детального изучения вещества лунных пород, поскольку измерения с орбитальных аппаратов не дадут ответа на стоящие вопросы. Важно подчеркнуть, что, помимо расширения представлений о механизмах обра-

зования планетных тел, такие исследования имеют чрезвычайно важное значение для лучшего понимания природы и самых ранних этапов эволюции Земли. Дело в том, что только на Луне были найдены породы, отвечающие аккреционной стадии Земли и других тел Солнечной системы, т.е. возрасту Земли, на которой вследствие последующих активных геологических процессов сохранились только значительно более молодые породы.

Наряду с этим, в полярных районах Луны обнаружены участки, указывающие на присутствие там водорода, — вероятнее всего, в виде скоплений водяного льда на очень холодных (примерно минус 200 °С) днищах приполярных кратеров, причем не только вечно затененных, но и частично освещенных, что вызывает особый интерес. Эти результаты открыли нам как бы новую Луну — не совершенно сухую, как считалось до недавнего времени, а достаточно влажную. Поэтому ключевым элементом новых программ исследований должна стать доставка на Землю образцов пород, отобранных в полярном районе Луны, и их детальное лабораторное изучение, прежде всего для определения содержания в них летучих и органических соединений, сидерофильных, тугоплавких и других порообразующих элементов, изотопного состава, возраста минеральных фракций. Эти и другие тонкие измерения позволят пролить свет на прошлое Луны и одновременно окажут влияние на стратегию ее будущего освоения.

С точки зрения перспектив будущего освоения Луны ключевое значение приобретают, наряду с оценками локальных запасов воды, также вопросы о возможности освоения сырьевых ресурсов и промышленного использования минералов, содержащих Fe, Al, Si, Ti и служащих источником строительных материалов, получения воздуха и воды из содержащихся в горных породах  $H_2$  и  $O_2$ , и др. Актуален вопрос о реальных перспективах практического использования в качестве будущего эффективного энергетического источника изотопа  $^3He$ , содержание которого в ильмените оценивается величиной  $\sim 10$  ppb.

**III. Важнейшие задачи.** Исходя из наиболее актуальных научных проблем, стратегия иссле-

дований Луны должна быть нацелена на решение задач, связанных, в первую очередь, с происхождением системы Земля — Луна и различными путями эволюции Земли, Луны и планет земной группы.

Перечень важнейших задач **фундаментальных научных исследований**:

- Проблема происхождения Луны и системы Земля-Луна, непосредственно связанная с ключевыми проблемами планетной космогонии;
- Эволюция и тепловая история Луны, состав и хронология лунных пород, как «окно» в раннюю геолого-геохимическую историю Земли, скрытую последующими эрозионными процессами вследствие возникновения земной гидросферы, атмосферы и биосферы;
- Внутреннее строение Луны, наличие, размер и фазовое состояние ядра, состав ядра и мантии, связь с проблемой ее происхождения и палеомагнетизмом;
- Источники и запасы воды, летучих компонентов, возможных органических соединений и гелия-3, их поверхностное и глубинное распределение;
- Особенности взаимодействия с Луной плазмы солнечного ветра, морфология плазменной оболочки и радиационного поля в окрестности Луны.

Одновременно с этим, важным стратегическим направлением должны стать исследования, необходимые для развертывания инфраструктуры и освоения Луны.

Перечень важнейших задач **прикладных исследований**:

- Геологическое картирование лунной поверхности с целью выявления областей, содержащих наибольшие запасы воды и полезных ископаемых в реголите, перспективные для их добычи и переработки;
- Детальная геологическая разведка выбранных областей на поверхности Луны с использованием каротажных стационарных и подвижных установок, развертывание робототехнических систем для экспериментальной добычи и переработки полезных ископаемых, отработка методов утилизации воды;
- Топографическая съемка и мониторинг состояния и вариаций радиационной и микроме-

теоритной обстановки в выбранных областях на поверхности Луны;

- Отработка систем жизнеобеспечения и методов адаптации к лунным условиям при длительном пребывании на поверхности;
- Создание взаимодействующего комплекса робототехнических систем и систем орбитального и наземного управления в качестве необходимого элемента лунной инфраструктуры.

**IV. Этапы реализации.** Стратегия изучения и освоения Луны предполагает организацию единой комплексной программы, которая с самого начала должна включать в себя подготовку к широкомасштабным исследованиям и поэтапное развертывание технических средств и элементов инфраструктуры, обеспечивающих постоянное присутствие человека на Луне и использование ее природных ресурсов, начиная с 2030-х гг.

Исходя из этой основополагающей концепции, можно предложить четыре основных этапа исследований и освоения Луны на период 2016—2040 гг.

*Этап I* (2016—2020 гг.). После завершения работ над проектами «Луна — Ресурс» и «Луна — Глоб» — создание и запуск не менее четырех КА — двух луноходов, оснащенных манипуляторами, с радиусом действия несколько сот километров и двух аппаратов с возвратными ракетами, каждая из которых обеспечивает посадку на поверхность Луны вблизи района работы лунохода и доставку на Землю отобранных луноходом образцов грунта. Возврат с Луны образцов пород, особенно отобранных из разных мест и испытавших влияние различных эволюционных процессов, и их лабораторные исследования с использованием современной прецизионной аппаратуры, неизмеримо повысит научную значимость изучения Луны на данном этапе. Его реализация заложит необходимые основы для широкомасштабных научных и прикладных исследований Луны на последующих этапах.

*Этап II* (2021—2027 гг.). Проведение широкого спектра исследований и геолого-разведочных работ на поверхности Луны с помощью многофункциональных луноходов, каротажных станций и ИСЛ. Основные задачи — детальное изучение потенциальных районов для развер-

тивания лунной базы, проведение различных прикладных и инженерных изысканий, бурение на глубину до 10—15 метров, отбор проб и геолого-геохимические анализы вещества, длительный мониторинг условий окружающей среды. Отработка методов и технологии добычи сырьевых материалов и проведение комплексов экспериментов по их переработке. Основным результатом данного этапа должна стать выдача рекомендаций по конкретным районам на Луне, где целесообразно начать строительство лунной базы с учетом надежных оценок воды и других сырьевых ресурсов.

Наряду с этим, определение архитектуры и функциональных задач промежуточной базы-станции (космического порта) на окололунной орбите на основе нового поколения ракет-носителей, параллельно с развертыванием космического порта на околоземной орбите (ОПСЭЖ) в качестве следующего поколения орбитальных станций.

*Этап III* (2028—2035 гг.). Окончательный выбор района для строительства лунной базы и развертывания инфраструктуры, создание проекта ее архитектуры и функционирования. Доставка на Луну робототехнических средств, обеспечивающих подготовку и начало работ по строительству лунной базы. Отработка оборудования для обеспечения автономного функционирования систем жизнеобеспечения, технологий получения материалов, испытания систем и комплексов, служащих элементами лунной базы, создание многофункциональной инфраструктуры.

Начало с опорой на ОПСЭЖ доставки и сборки элементов лунного космического порта, имея в виду его полномасштабное развертывание и начало функционирования в обеспечение потребного трафика Земля — Луна — Земля для

строительства и обслуживания лунной базы с 2030—2032 гг. Завершение создания и испытаний перспективного пилотируемого корабля, транспортной системы, создание лунного взлетно-посадочного комплекса.

*Этап IV* (2036—2045 гг.). Осуществление облета Луны и 2-3-х национальных экспедиций на Луну с экипажами из 2-3 космонавтов. Начало активного строительства лунной базы, в том числе с использованием дистанционно-управляемой строительной техники, исходя из задачи завершения первого этапа ее развертывания и начала опытного функционирования (с участием людей по вахтенному методу) к 2050—2060 гг.

**V. Вывод.** Перечень данных задач исследований носит предварительный характер. Сам перечень и сроки реализации этапов научных и прикладных исследований и работ по освоению Луны должны уточняться в зависимости от технологических возможностей и имеющихся финансовых ресурсов, а также полученных промежуточных результатов. Вместе с тем, Луна должна стать основой стратегии России в исследовании Солнечной системы, по крайней мере, на два ближайших десятилетия, как в части получения фундаментальных научных результатов, так и подготовки и осуществления перспективной программы пилотируемых полетов к Луне, включая разработку необходимых космических и транспортных средств на основе нового поколения ракет-носителей.

*М. Я. Маров*

PROPOSITIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION  
RELATIVE TO STUDY OF THE MOON AND  
SETTLING IT AS THE FOUNDATION FOR  
STRATEGY OF SPACE INVESTIGATION OF THE  
SOLAR SYSTEM UNTIL 2030—2040