

Луна, Фобос и энергобезопасность Земли

Опубликовано в журнале
«Энергия будущего».
Март 2006 г. С. 74–78.
Интервью с Е. Марцевой

От редакции После многолетнего затишья внимание ученых вновь приковано к Луне. О том, что лунные исследования становятся приоритетными в космических программах, следом за США объявили Китай, Япония, Европейское космическое агентство, Индия и, как известно, Россия. Предполагается построить на Луне поселения, научные станции и даже промышленные предприятия. Академик Эрик Михайлович Галимов директор Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского, выступая по проблеме состояния космических исследований в России на заседании Президиума Российской академии наук, на научных сессиях и страницах журналов неоднократно выдвигал аргументы в пользу возобновления лунной программы. О приоритетах в планетных исследованиях, о новых аргументах в пользу лунной программы и о энергетической безопасности цивилизации Эрик Михайлович рассказал зам. гл. редактора Елене Марцевой.

— Эрик Михайлович, насколько важно исследовать другие планеты, в то время когда на Земле много неразгаданного? Каковы сегодняшние приоритеты России в космической области?

— Приоритеты в планетных исследованиях, как и любых других, определяются тем, в какой мере они способствуют решению основных проблем науки и развития человеческого общества. Среди важнейших проблем, с которыми науке придется иметь дело в этом веке, по крайней мере, три связаны с космическими исследованиями:

- 1) проблема происхождения жизни;
- 2) формирование Земли и ее ранняя история в контексте образования и эволюции Солнечной системы;
- 3) проблема ресурсов и освоение Луны в качестве источника ресурсов.

Проблема происхождения жизни поставлена в повестку дня успехами молекулярной биологии, изотопной геохимии, химического синтеза и математического моделирования. Эта проблема затрагивает глубокие мировоззренческие пласты. Ее решение может привести к неожиданным прорывам в биотехнологии. Решающее значение имело бы обнаружение внеземных форм жизни или при-

знаков живого в настоящем или прошлом на других телах Солнечной системы, что может быть достигнуто только в результате космических исследований.

В отношении образования и ранней истории Земли мы знаем удивительно мало. Первые 500–600 миллионов лет существования нашей планеты не оставили материальных следов в ее геологической летописи. Мы не знаем когда и как возникли океан и атмосфера, каков был их состав, что представляла собой первичная земная кора. Между тем, это знание необходимо для понимания законов эволюции Земли, прогноза биосферы, прогноза минеральных ресурсов. Эта брешь в наших знаниях должна быть закрыта в текущем столетии.

Наконец, проблема ресурсов встает в связи с исчерпанием традиционных видов топлива: нефти, газа и даже уранового сырья.

– Какие подходы, какие направления космических исследований, могут максимально способствовать решению этих проблем?

– С учетом того, что нам уже известно, первоочередными сегодня представляются следующие задачи:

во-первых — это доставка и изучение вещества с малых тел, спутников, комет и астероидов;

во-вторых — исследование внутреннего строения планет,

в-третьих — комплексное изучение и освоение Луны.

Я особо хочу подчеркнуть аспект, связанный с изучением внутреннего строения планет, поскольку он сегодня явно недооценивается при планировании космических миссий. Но еще больший приоритет имеют исследования, связанные с доставкой на Землю вещества с малых тел Солнечной системы. Ни задачи, связанные с проблемой внеземной жизни, ни задачи, связанные с формированием планет и спутников, не могут быть в убедительной форме решены без применения тех тонких аналитических методов и совершенных приборов, которые могут быть использованы пока, к сожалению, только на Земле.

Доставка образцов с Марса, проб атмосфер Венеры и Юпитера, вещества спутников Юпитера и Сатурна представляет исключительный научный интерес. Однако в некоторых отношениях доставка вещества с малых тел Солнечной



системы — астероидов и комет — не менее эффективна. Сюда относится и планируемая доставка вещества с Фобоса. Поверхность планеты сложена продуктами ее дифференциации и изменена многочисленными вторичными процессами. Поэтому состав отдельно взятого образца не является представительным. Технически доставка вещества с малого тела не менее сложна, чем доставка вещества с планеты. Она требует высокой навигационной точности и ювелирных операций. Но по общему объему затрат доставка грунта с малого тела гораздо экономичнее. Подобные проекты особенно хороши для нашей страны, имеющей большой опыт работы в космосе, но ограниченные финансовые возможности.

Выбор в свое время в качестве приоритетного в Российской программе планетных исследований проекта, названного «Фобос-Грунт», был сделан как раз исходя из этих соображений.

— Это пока единственный национальный проект по исследованию тел Солнечной системы, включенный в Федеральную космическую программу (ФКП) с датой запуска в 2009 г. К марсианскому спутнику Фобос уже летали российские аппараты, но не слишком удачно. Расскажите, пожалуйста, и о самом Фобосе, и о проекте «Фобос-Грунт».

— Фобос — спутник Марса астероидального размера. Первая попытка исследовать Фобос была предпринята в конце 1980-х годов. Доставка грунта тогда не планировалась. Проект предусматривал запуск двух космических аппаратов «Фобос-1» и «Фобос-2» с посадкой на поверхность Фобоса и исследованием состава вещества и свойств Фобоса на месте при помощи дистанционных приборов. Проект, как известно, не был до конца осуществлен. Один аппарат был утрачен на траектории к Марсу, связь с другим («Фобос-2») была потеряна, когда он уже находился на орбите Фобоса. Преимущество изучения Фобоса перед астероидами состоит в том, что у астероидов, в отличие от Фобоса, нет адреса, связывающего их с определенной планетой. Поэтому Фобос для целей изучения планетообразования уникален. Исследование Фобоса дает возможность пролить свет на процесс планетообразования. Если Фобос — это оставшийся на орбите, недособранный Марсом материал, то мы получаем уникальную возможность изучить структуру и состав того вещества, из которого формировались планеты. В этой связи, прежде всего, важен ответ на вопрос: является ли Фобос фрагментом того вещества, из которого формировался Марс, или это чужеродное тело, захваченное на его орбиту?

Для того чтобы получить ответ нужно сравнить некоторые параметры состава Фобоса и Марса, несущие информацию об их происхождении. Для этого не подходят обычные данные о химическом составе, которые можно получить при помощи дистанционных измерений. В космохимии существуют специальные тесты. Один из них — трех-изотопная кислородная характеристика.

Космический аппарат для экспедиции на Фобос разрабатывается НПО им. Лавочкина. Главный элемент космического аппарата — буровое устройство. Оно предназначено, чтобы взять колонку реголита. Используются принципы бурового устройства, разработанного в свое время для отбора Лунного грунта. Помимо реголита для решения поставленных научных задач важно отобрать хотя бы небольшие кусочки породы, минеральные зерна. Поэтому помимо бурового устройства предусмотрен манипулятор. Общая масса собранного грунта

предполагается порядка 100 г. При современной прецизионной, высокочувствительной аналитической технике этого количества вполне достаточно.

— **Задачу комплексного изучения и освоения Луны Вы назвали третьей — означает ли, что она менее приоритетна, чем первые две?**

— Напротив, я считаю, что именно на этой проблеме нам следовало бы сосредоточиться в первую очередь.

— **Эрик Михайлович, в своих выступлениях и интервью вы убедительно говорили, что, быть может, самый перспективный путь решения глобальной энергетической проблемы связан с использованием гелия-3 в термоядерном синтезе, с его добычей и доставкой с Луны. Ваше мнение не изменилось?**

— Уже в ближайшие десятилетия человечество встретится с серьезными ресурсными проблемами. Традиционные источники энергии, такие как нефть и газ близки к исчерпанию, Существуют разные оценки, но, вероятно, XXI век будет в этом отношении критическим. Энергопотребление на планете будет возрастать. Увеличивается население Земли. Если потребление энергии в развивающихся странах приблизится к уровню США, Европы и Японии, то мировое энергопотребление может возрасти в 5–8 раз. Есть еще одна проблема в меньшей степени заметная. В течение всей истории цивилизации люди использовали ресурсы, находящиеся в концентрированной форме — то, что мы называем месторождениями. Но месторождения, в том числе рудные, тоже исчерпываются. Правда, необходимые элементы в рассеянном состоянии находятся всюду в окружающей среде. Но их надо сконцентрировать, т. е. произвести работу, которую природа производила миллионы лет. Для этого нужна энергия. В свою очередь, существенное увеличение энергопотребления создает нагрузку на состояние окружающей среды. Мы уже ощущаем это, благодаря повышению CO_2 в атмосфере за счет сжигания топлива. В атомной энергетике огромную экологическую проблему создает накопление радиоактивных отходов.

Один из возможных путей решения проблемы энергетики — использование ^3He в термоядерном синтезе, с его добычей и доставкой с Луны.

— **Насколько ^3He сможет реально решить энергетические проблемы Земли или пока это планы далекого будущего?**

— Промышленное использование ^3He — дело будущего. Но, чтобы быть готовыми вовремя, нужно начинать работу сейчас. Существуют и многие другие способы извлечения энергии, например: использование солнечных батарей, возобновляемые биологические ресурсы, устройства, использующие фотосинтез, ветровые генераторы, гидроэнергетические установки, использующие внутреннее тепло Земли.

Принципиальное разрешение энергетической проблемы может дать только использование ядерной энергии. Но бич атомной энергии — радиоактивные отходы и опасность радиоактивного заражения при авариях.

Сегодня промышленная атомная энергия вырабатывается только за счет реакции деления ядер урана. Установок, которые осуществляли бы управляемый термоядерный синтез, до сих пор не существует. Термоядерная энергия известна человечеству только в виде водородной бомбы. Решение проблемы

управляемого термоядерного синтеза пока ищется в виде ядерной реакции дейтерия (D) с тритием (T), (проект ITER). Радиоактивное загрязнение возникает и в этом случае, хотя и меньшее, чем при делении урана. Термоядерный синтез с участием гелия (^3He) требует более высоких температур, т. е. более труднодостижимых условий синтеза, чем водородный термоядерный синтез. Но его огромное преимущество в том, что он экологически чистый. Кажется фантастичным, что существует термоядерный процесс, практически не несущий радиоактивность. Но это факт. Дело в том, что ядерная реакция с участием ^3He имеет одну особенность, которая делает ее уникальной: в ней выделяются протоны, а не нейтроны, как в других ядерных реакциях. Протоны, будучи заряженными частицами, не могут проникать вглубь конструкционных материалов. Поэтому в отличие от нейтронов они не делают эти материалы радиоактивными. Протоны, в отличие от нейтронов, не повреждают материалы. В отсутствие нейтронного облучения конструкционные элементы термоядерного реактора, использующие ^3He , могут служить очень долго, в то время как материалы урановых реакторов и водородных термоядерных реакторов требуют частого изъятия и захоронения в виде радиоактивных отходов. Поскольку протоны — заряженные частицы, становится возможным прямое преобразование термоядерной энергии в электрическую, минуя тепловое преобразование. Это позволяет использовать в случае ^3He гораздо более эффективные инженерные решения для отбора энергии.

Экологическая чистота и энергетическая эффективность делают термоядерный синтез на гелии-3 непревзойденным источником энергии.

Однако на пути к достижению конечной цели есть две большие трудности. Первая состоит в том, что гелия-3 практически нет на Земле. Его нужно возить с Луны. Вторая трудность состоит в том, что на Земле пока отсутствует технология промышленного управляемого термоядерного синтеза.

— Каковы же перспективы?

— Прежде всего, нужно осознать, что нехватка энергии в ближайшие десятилетия — это реальная проблема, от которой не уйти. Во-вторых, по-видимому, единственным тотальным и долговременным решением ее, одновременно удовлетворяющим условиям энергетической эффективности и экологической безопасности, является термоядерный синтез на базе использования ^3He . В-третьих, освоение этого источника энергии — это не очередной проект, который можно решать между делом. Речь идет о гигантской промышленной революции, полное осуществление которой займет, может быть, целое столетие.

Запасов ^3He на Луне хватит на миллион лет. Потребность России составляет приблизительно 20–30 т ^3He . Однако для того, чтобы добыть это количество, нужно вскрыть и переработать участок поверхности Луны площадью около 500 квадратных километров на глубину 3 м, т. е. вскрыть более 1 млрд т грунта. Это громадная величина. Но она находится в пределах масштабов горнодобывающей деятельности человека на Земле. Сегодня добывается только угля более 1 млрд т. При этом вскрытие грунта в карьерах и при проходке шахт происходит в значительно больших масштабах. Но, с другой стороны, эту гигантскую работу нужно развернуть на Луне. Это потребует практически построить на Луне крупную горнодобывающую промышленность.

— Все придется завозить с Земли или есть ресурсы, которые можно использовать на самой Луне?

— Добыча гелия-3 неизбежно вызовет к жизни целый ряд сопряженных производств. При переработке грунта и десорбции гелия выделяться будет не только гелий, но в еще больших объемах другие элементы, в том числе водород и углерод. Нетрудно также наладить производство кислорода из силикатов. Это значит, что непосредственно на Луне можно организовать производство топлива и окислителя для ракет-носителей. Лунный грунт богат титаном. Выплавка титана позволит производить тяжелые элементы конструкций и корпусов ракет прямо на Луне. С Земли придется доставлять только высокотехнологичные элементы. Необходимая для жизнедеятельности людей и некоторых технологических процессов вода также может производиться на Луне.

— Когда у Вас появился интерес к Луне?

— Пожалуй, тогда, когда я держал лунный грунт в своих руках. В 1972 году, академик А. П. Виноградов поручил мне исследование изотопного состава углерода лунного грунта, доставленного нашей автоматической станцией «Луна-16». Меня всегда интересовали вопросы ранней истории Земли, происхождения жизни. Ключ к решению этих проблем, как ни странно, лежит на Луне. Земля имеет возраст 4,56 миллиарда лет. При этом за исключением редких зерен древнего циркона не сохранилось геологических свидетельств, по которым можно было бы восстановить события ранней истории Земли в первые полмиллиарда лет. А именно в это время закладывались атмосфера, океан, происходила первичная дифференциация Земли, наконец, возникла жизнь. На Луне, в отличие от Земли, сохранились породы, возраст которых достигает 4,5 миллиарда лет. Земля и Луна образовались почти одновременно. Более точно говорить не о происхождении Земли, а о происхождении системы Земля—Луна. Поэтому, восстановив механизм образования и раннюю историю Луны, мы одновременно восстанавливаем раннюю историю Земли.

В 1995 году я выступил на заседании Президиума с докладом «О необходимости возвращения к исследованию Луны». После первого этапа активного исследования Луны в 1950–1970-е годы прошло более 20 лет без единого запуска в сторону Луны. Созданный в те времена научный задел был исчерпан. Новые задачи требовали новых данных. В том числе была упомянута и проблема использования лунного ^3He . В 1994 году в горном местечке Биатенберг (Швейцария) была организована Международная рабочая группа по изучению и освоению Луны (ILEWG), которая сегодня является ведущей неправительственной организацией (хотя в ее состав входят представители всех Международных космических агентств) по исследованию Луны. В 1996 году в Киото (Япония) меня избрали Президентом ILEWG. По условию Президента выбирают на два года и в течение этого срока он должен организовать Международную конференцию. В 1998 году 3-я Международная конференция по исследованию и освоению Луны состоялась в Москве. На этой конференции ГЕОХИ им. В. И. Вернадского и НПО им. С. А. Лавочкина доложили первые результаты научно-исследовательских и проектных работ по программе «Луна-Глоб», а наши американские коллеги выступили с докладом под интригующим названием: «Лунный ^3He — Персидский залив XXI века». К сожалению, в дальнейшем работа по программе

«Луна-Глоб» была фактически свернута, хотя наша программа получила очень высокую оценку Международного научного сообщества.

— **Эрик Михайлович, как известно, Вы обладатель «Лунного Оскара». За какие достижения в науке присуждают эту награду?**

— «Оскаром» эту золотую фигуру ученые в шутку называют за схожесть с кинопрототипом. Присуждают награду за достижения в исследовании Луны, и вручили мне ее на 6-й Лунной конференции и сессии ILEWG в Индии в 2004 году в знак признания того вклада, который был сделан в исследовании Луны нашим институтом им. В. И. Вернадского.

— **Кому же тогда, как не Вам, быть инициатором крупнейшего проекта XXI века? Какие основные направления проекта ³He уже сейчас можно выделить и какие шаги приблизят нас к цели?**

— Многое зависит от того, как будут развиваться работы по термоядерному синтезу. По данным из американских источников построение установок термоядерного синтеза на ³He можно ожидать уже через 15–20 лет, если на этом будут сфокусированы усилия общества и соответствующие инвестиции. Я не являюсь специалистом в области термоядерного синтеза. Считают, что решение нужно искать на пути синтеза с инерционным удержанием плазмы, а не магнитным удержанием, которое используется в токамаках и заложено в основу проекта ITER. Некоторые успешные эксперименты с использованием лазеров и инерционным удержанием уже проведены в США. Мы, насколько мне известно, здесь отстаем.

В любом случае гелий-3 понадобится возить с Луны не раньше, чем лет через двадцать. Но для того, чтобы привезти с Луны первую тонну ³He, нужно проделать грандиозную работу. Как всегда, когда приступают к разработке какого-либо вида минерального сырья, нужно начать с геологоразведочных работ. Они включают картирование поверхности Луны, выявление и оконтуривание участков с максимальным содержанием полезных компонентов, оценку удобства их эксплуатации. Эта работа должна сопровождаться исследованием геологического строения Луны, выявлением ресурсов для развития локального производства. В том числе большое значение имеет решение вопроса о наличии воды на Луне. Вода в замороженном состоянии может присутствовать в затененных кратерах на полюсах Луны. Свидетельства к этому имеются. Необходима организация экспедиций и исследование образцов с этих участков Луны. Следующий шаг — это проведение экспериментальных вскрышных работ и работ по десорбции летучих из реголита в условиях Луны. Далее — обустройство лунной базы, проектирование и испытание устройств, предназначенных для производства гелия-3. Для того чтобы обеспечить только подготовительную стадию работ, понадобится доставить на Луну сотни тонн машин и материалов. Интенсивность полетов на трассе Земля—Луна должна составить несколько запусков в год. Сегодня у нас в программе только один запуск аппарата «Луна-Глоб», запланированный на 2012 год.

Гелий-3 не единственная цель в освоении Луны. Луна — самый экономичный космодром, который сделает доступным крупномасштабное освоение Солнеч-



ной системы. При промышленном освоении Луны, как я уже упоминал, топливо, окислитель и тяжелые конструкционные элементы ракет можно производить на Луне. На Луне могут и должны быть развернуты системы контроля астероидной опасности, мониторинга и раннего предупреждения катастрофических явлений и событий на Земле, исследования дальнего космоса и многое другое, что сейчас даже трудно предвидеть.

Исключительно важным для геологии и познания ранней истории Земли было бы решение проблемы происхождения Луны. Происхождение Луны сегодня остается дискуссионным. Распространена точка зрения, высказанная американскими учеными, что Луна образовалась в результате катастрофического столкновения Земли с другим телом планетарного размера величиной с Марс или больше. В результате столкновения масса расплавленного материала была выброшена на орбиту и в последующем аккумулятировалась в Луну.

Мы, группа ученых из ГЕОХИ, Института прикладной математики в Москве и Института механики в Петербурге, разработали альтернативную модель, по которой Луна и Земля образовались как двойная система из облака сгущающейся пыли. Из модели следует, что Земля и Луна образовались параллельно. При этом удается объяснить как черты сходства, так и различия Луны и Земли, на наш взгляд, лучше, чем это предлагает импактная модель. Понятно, что в зависимости от того, какая из моделей будет верной, окажется совершенно разным наше представление о ранней истории Земли.

Космические исследования могут помочь решить проблему. Не входя в подробности, можно сказать, что тестом для проверки того, какая из гипотез является справедливой, служит определение внутреннего строения Луны, особенно размера ее ядра.

Предложенный нами в свое время проект «Луна-Глоб» направлен на решение этих задач. Проект «Луна-Глоб» в качестве главной задачи предусматривает сейсмическое зондирование, направленное на определение внутреннего строения Луны. При этом одна из сейсмических станций, дополненная инструментами для анализа воды, должна быть посажена в полярном районе, где она параллельно могла бы решить на уровне прямого вещественного анализа проблему присутствия воды. Конечно, еще лучше было бы обеспечить доставку грунта из затененного полярного кратера. В таком грунте могут быть выморожены и сконцентрированы не только пары воды, но и органические соединения, изотопно-молекулярный анализ которых имел бы большое значение в свете идей литопанспермии.

Таким образом, наиболее эффективные научные результаты в решении фундаментальных проблем, на которых я остановился в начале беседы, могут быть получены путем ориентации на проекты доставки внеземного вещества, преимущественно с малых тел, таких как Фобос, и исследования внутреннего строения крупных планетных тел, таких как планеты и Луна. Наши проекты «Фобос-Грунт» и «Луна-Глоб» находятся в русле этой стратегии. К тому же они являются весьма экономичными.

К сожалению, практическая ситуация с планетными исследованиями в России оставляет желать много лучшего. Но эта проблема находится вне сферы науки. Главное — нужно осознать, что освоение Луны — это не только важная научная, но и практическая задача. У России здесь есть уникальные шансы.