

Часть 2

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ КОНТУРЫ КОСМОНАВТИКИ В XXI ВЕКЕ

Утро. XXI век. Солнечная система: исследование и освоение

Л. М. ЗЕЛЁНЫЙ, А. В. ЗАХАРОВ, О. В. ЗАКУТНЯЯ, Н. Ф. САНЬКО

Попытаться достаточно уверенно прогнозировать, что произойдет за сто лет в такой высокотехнологичной отрасли, как мировая космонавтика, едва ли возможно. Прошедшие сто лет показали, что технологическое развитие не подчиняется никаким законам экстраполяции — сингулярности прерывают любые установившиеся тенденции и выводят человечество на качественно новый уровень развития. Так произошло с запуском Первого искусственного спутника Земли, информационным взрывом, связанным с развитием интернета и мобильной связи. Космонавтика — мощный, недостаточно освоенный ресурс человеческой деятельности, и её развитие во многом будет зависеть от нужд, потребностей людей и вновь открытых возможностей использования и освоения космоса через сто лет.

Развитие мировой космонавтики в первые пятьдесят лет определялось, с одной стороны, политическими соображениями; с другой, — открывшейся возможностью научных исследований космического пространства, скрытого от человечества плотной оболочкой земной атмосферы и тонким, но очень хорошо проводящим слоем ионосферы (рис. 1 и 2). Существующие тенденции, впрочем, свидетельствуют о том, что в XXI веке геополитика постепенно превращается в космополитику. Этот тезис подтверждает бурный всплеск исследований Луны и Марса, которые активно ведут не только США и Европа, но и страны Азии, лишь совсем недавно вступившие в «космический клуб». Интересно, что на смену научному интересу, который двигал «космическими первопроходцами», приходит интерес практический. Наверное, можно утверждать с достаточной долей уверенности, что уже в XXI веке конечность земных ресурсов с необходимостью заставит человечество обратиться к ресурсам, находящимся вне Земли. Скорее всего, это и будет главной движущей силой человечества в космосе, хотя, разу-



Рис. 1. Анонимная гравюра, впервые опубликованная в книге Камиля Фламариона «Атмосфера: Популярная Метеорология» (См. рисунок на цветной вкладке)

меется, наука и научные исследования являлись и будут являться основой технического прогресса. Предстоит открыть ещё многие тайны Вселенной, и ещё долгое время космические средства останутся главными инструментами исследователей.

Помимо чисто прагматических причин, нельзя сбрасывать со счётов и, казалось бы, иррациональное стремление небольшой части людей к рискам и экстремальным ситуациям. На самом деле наличие таких особых точек в любой популяции («флибустьеров и авантюристов», как назвал их поэт Павел Коган) принципиально необходимо для её выживания, открытия новых областей обитания и новых явлений. Растущая популярность экстремального, а в последние годы и космического, туризма служит хорошим подтверждением этой закономерности.

Исследование и освоение новых ресурсов и территорий красной нитью проходит через всю историю Человечества. Примерами такой экспансии могут служить средневековые завоевания, открытие и освоение Америки, Сибири и других земель, ставшие основой современной политической карты мира. Даже сейчас этот процесс и связанное с ним соперничество продолжают, хотя, казалось бы, на карте Земли не осталось «белых пятен». Это относится, например, к Арктическому шельфу, который оказался нефтегазовым супербассейном. Свои претензии на эту территорию предъявили Россия, а также другие страны, в числе которых Канада и Дания. Другой пример — Антарктика. Это единственный на сегодняшний день континент

на Земле, который не является частью территории какого-либо государства, а выступает достоянием всего человечества и регулируется нормами международного права. Тем не менее, интерес к ресурсам Антарктики растёт, появляются новые технологические возможности её освоения, поэтому можно сказать, что до сих пор проблема территориального статуса Антарктиды не нашла своего окончательного решения.

Сегодня мы становимся свидетелями начала нового этапа космической деятельности человека — первого шага освоения Солнечной системы. После запуска Первого искусственного спутника Земли, открывшего космическую эру в истории человечества, выполнено большое число околоземных и межпланетных полётов космических аппаратов, позволивших сделать пионерские открытия как в околоземном космическом пространстве, так и в дальнем космосе. В настоящее время в космической деятельности человечества произошёл своего рода «фазовый переход»: на смену первым, «пионерским» полётам, когда практически каждая экспедиция приносила значительные открытия, пришла пора выполнения крупных комплексных систематических программ, в частности, программ исследований Луны и Марса. Сейчас (конец 2009 года) в космосе находятся по 4 аппарата, исследующих Марс и Луну, не говоря уже о большом числе новых планируемых экспедиций, в том числе и российских. Очевидно, что не за горами ещё более грандиозные программы освоения внеземных ресурсов Луны, Марса, астероидов, путь которым сейчас прокладывают научные исследовательские и разведывательные экспедиции.

Учитывая потенциальные ресурсы космического пространства, планет и тел Солнечной системы, которые, однако, ещё во многом скрыты, ожидаемые технологические возможности, а также ту динамику в развитии человечества, которая связана с началом космической эры, можно уже сейчас попытаться сформулировать четыре основных стратегических задачи, ко-

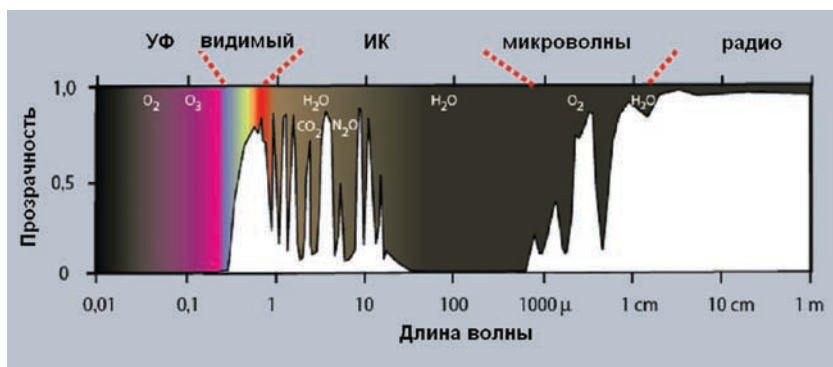


Рис. 2. Пропускание электромагнитного излучения земной атмосферой.

Земная атмосфера прозрачна почти полностью для падающего извне излучения

лишь в двух сравнительно узких окнах: оптическом — в диапазоне длин волн от 0,3 мкм (3000 Å) до 1,5–2 мкм (область до 8 мкм состоит из ряда узких полос пропускания) и в радиодиапазоне — для волн длиной от 1 мм до 15–30 м (См. рисунок на цветной вкладке)

торые могут стать основой выработки программ исследований космоса и освоения его ресурсов до конца текущего столетия:

- прежде всего, — продолжение научных исследований космического пространства и поиск жизни вне Земли;
- обеспечение безопасности Земли и человечества, безопасности в космосе и из космоса;
- развитие активной деятельности человека в космосе, освоение Луны, планет и малых тел Солнечной системы, использование космических ресурсов;
- диверсификация космических технологий, использование результатов космической деятельности на Земле.

При этом необходимо иметь в виду два важнейших дополнительных эффекта:

- грандиозность и постоянное развитие задач и направлений космической деятельности станут одним из краеугольных камней интеллектуального развития нынешнего и будущего поколений;
- высокая сложность космических технологий и их ещё чрезвычайно высокая стоимость приводят к необходимости международного сотрудничества в интересах науки и мирного освоения космоса.

Международный престиж любой страны будет определяться не только её валовым национальным продуктом, но и её успехами в развитии космических технологий, зависящих, в свою очередь, от доли национального бюджета, вкладываемого в науку и космос.

Научные исследования космического пространства включают исследования Вселенной, открытия новых физических явлений, изучения границ применения физических законов, использование космоса в качестве естественной лаборатории. Произошедшие недавно вызовы науке, связанные с выводом о существовании «тёмной энергии» и «тёмной материи», безусловно, привлекут внимание учёных-космологов к выяснению этих неожиданных и «тёмных» понятий, которые, фактически, уже перевернули наше, казалось бы, «хорошо обоснованное» представление о Вселенной и её структуре. Разработка и реализация программ космических исследований, направленных на решение этой проблемы, могут привести к ещё более неожиданным выводам и представлениям. Сейчас ясно лишь то, что решение вновь возникших вопросов, связанных со структурой и развитием Вселенной, становится в первый ряд задач внеатмосферной астрономии и астрофизики высоких энергий на предстоящие десятилетия. Результаты этих исследований в нынешнем веке, может быть, смогут ответить на вечный вопрос, что представляет собой мир, в котором мы живём, и как он образовался, могут и поставить новые проблемы.

Космические исследования Солнечной системы включают также исследования Луны, планет, малых тел: астероидов, комет — изучение Солнца, космической плазмы. Интригующей проблемой является поиск и возмож-

ное обнаружение жизни вне Земли. Это может дать огромный толчок развитию биологии и медицины.

Деятельность, связанная с фундаментальными космическими исследованиями, и её результаты влияют на качество жизни человека и экономику, по крайней мере, по трём направлениям: (а) практическое применение сделанных научных открытий, (б) диверсификация космических разработок и (в) освоение потенциальных ресурсов Луны, планет и малых тел Солнечной системы. Рассмотрим эти направления.

Человек привык воспринимать окружающий нас мир как данность. Но нельзя забывать, что все окружающие нас достижения цивилизации обязаны своим существованием проводившимся ранее фундаментальным научным исследованиям. Практически вся техника, которой мы пользуемся сейчас, основана на физических открытиях, сделанных в конце XIX века. Например, двигатели внутреннего сгорания не могли бы существовать без сделанных открытий в таких науках, как термодинамика, молекулярная физика, электродинамика, магнетизм, органическая химия; изобретение радио — без уравнения электромагнитных волн Дж. Максвелла и т. д. Пределы возможности земных экспериментальных установок по мощности и энергиям практически исчерпаны. Нужные человечеству новые физические принципы, по которым устроен мир сверхвысоких энергий, можно понять, только пристально вглядываясь в то, что происходит в космосе.

Сейчас, благодаря резкому ускорению научно-технического прогресса, результаты научных исследований находят применение в технике и быту в среднем уже через 20—30 лет. Значительную роль в этом процессе играют и фундаментальные науки, изучающие Вселенную. Достаточно напомнить, что гелий был открыт на Солнце и только потом найден на Земле, что для ядерной физики некоторые объекты во Вселенной являются естественной лабораторией, где сама Природа ставит эксперименты, которые невозможны в земных условиях. Ещё в 1920 году, задолго до создания ядерной физики, на термоядерную реакцию превращения водорода в гелий было указано Артуром Эддингтоном как на источник энергии излучения звезд. Изучение многих явлений в горячей плазме важно при решении принципиальной для человечества проблемы новых источников энергии. Управляемый термоядерный синтез является одним из наиболее перспективных кандидатов на эту роль. Параметры плазмы, заполняющие околоземное космическое пространство, конечно, на много порядков отличаются от тех, которые существуют в лабораторных условиях, но важно подобие безразмерных параметров. Их близость для лабораторной и горячей космической плазмы позволяет рассматривать околоземный космос как возможную лабораторию для проведения плазменных экспериментов.

Фундаментальные космические исследования дали мощный толчок развитию наших представлений об устройстве Вселенной. По мнению многих выдающихся учёных современности, на рубеже XX и нынешне-

го XXI веков мы стали свидетелями «революции» в астрономии, которая имеет не меньшее значение, чем ставшая основополагающей для многих отраслей науки, а значит и современных технологий, «революция» в физике, которая произошла в начале XX века. Определяющую роль в этом уже сыграли космические средства, обеспечивающие научные исследования многих объектов Вселенной. Они позволяют проводить астрофизические исследования далёких объектов с помощью телескопов, вынесенных за пределы земной атмосферы, затрудняющей или исключаящей возможность многих видов наблюдений с поверхности Земли. Космические аппараты способны донести научную аппаратуру до многих объектов Солнечной системы, чтобы мы могли изучать их дистанционно, но находясь в непосредственной близости от них, или производить непосредственные — контактные исследования (*in situ*). В условиях длительного воздействия космических факторов: вакуума, невесомости (точнее, микрогравитации, вызванной микроускорениями) и т. д. — на борту космического аппарата учёные могут проводить такие биологические и технологические эксперименты, которые абсолютно невозможны на Земле.

Фундаментальные космические исследования оказывают мощное прямое воздействие (с которым может сравниться разве что оборонная индустрия) на развитие технологий. Это происходит из-за постоянных разработок учёных, занимающихся исследованиями космического пространства, новых методов исследований и измерений, повышения чувствительности, разрешающей способности и улучшения других параметров научных приборов, а также возможностей самой космической платформы. В нашей стране это было обусловлено ещё и тем, что раньше научные космические приборы и служебные системы космических аппаратов часто создавались в закрытых лабораториях научно-производственных объединений или академических институтов. Однако, получившие «закрытый» статус, эти технологии оставались за барьером для их использования специалистами других КБ, не связанных с космической тематикой. В западных космических державах проблема использования самых передовых космических разработок была решена на самых ранних этапах космической деятельности и диверсификация космических технологий стала существенным подспорьем экономической мощи государства. Только в самые последние годы в нашей стране стали открываться возможности использования космических технологий в сугубо земных и мирных отраслях хозяйства.

Деятельность в космосе уже сейчас постепенно формируется по двум различным направлениям: исследования (по-английски «research») и освоение («exploration»). Эти два направления преследуют разные задачи, хотя и тесно связаны друг с другом. Этап исследований, как правило, выполняется автоматическими космическими аппаратами, создаёт научно-техническую основу для подготовки и выполнения следующего этапа — освоения. Этап освоения, по крайней мере на начальных стадиях, по-видимому, будет вы-

полняться с помощью пилотируемых экспедиций и направлен на создание посещаемых и автоматических баз на Луне, Марсе, астероидах.

Можно ожидать, что в ближайшие сто лет главные интересы человечества сосредоточатся в ближайшем космосе: как в околоземном пространстве, так и на близких планетных телах — Луне, Марсе и, возможно, околоземных астероидах. Причины тому очевидны и в первую очередь связаны с существующими технологиями. В Солнечной системе только на Луне и Марсе существуют условия, относительно приемлемые для действия автоматов и человека. Экспедиции к более далёким землеподобным телам, каковы, например, спутники Юпитера и Сатурна, — дело более отдалённого будущего, которое сложно предугадать сейчас.

Академик Арцимович на вопрос о том, когда появится термоядерная энергетика, отвечал: тогда, когда она будет совершенно необходима человечеству. Возможно, что с космическими ресурсами произойдёт то же самое: как только необходимость в них станет настоящей, произойдёт прорывной «выход» в космос. Есть некоторые основания полагать, что ждать осталось не так уж долго.

В случае Луны такой «движущей силой» на первых порах могут стать те же научные задачи. Наш спутник может рассматриваться как исключительно удобная платформа для научных исследований. Её преимущества перед наземными и орбитальными установками многочисленны. Во-первых, поскольку на Луне нет атмосферы и, как следствие, поглощения и рассеяния света, то наблюдения можно вести во всех диапазонах волн даже при солнечном освещении, днём. Большой период осевого вращения Луны (27,3 дня) приводит к относительно медленному перемещению светил по небу, поэтому возможны длительные непрерывные экспозиции. А это, в свою очередь, предъявляет меньшие требования к конструкции и системе наведения приборов. Земля не экранирует значительную часть неба, поэтому возможен практически полный обзор неба. Более того, на Луне электромагнитное влияние нашей планеты либо полностью отсутствует, в случае если обсерватория размещена на обратной стороне спутника, либо очень ослаблено.

На Луне можно устанавливать стационарные инструменты больших размеров, с повышенной чувствительностью и угловым разрешением, не требующие охлаждения, чего нельзя добиться на орбитальных инструментах. Группировку лунных инструментов можно постепенно наращивать.

Вероятно, что задача создания лунного телескопа и лунной обсерватории начнёт решаться уже в ближайшие десятилетия, поскольку даже существующий технологический уровень позволяет выполнить основные этапы этой работы, а преимущества Луны как наблюдательной площадки исключительно велики.

С нашего спутника можно вести и глобальный мониторинг Земли: одновременный обзор всего земного диска приборами, расположенными на лун-

ной поверхности. Это важно для наблюдений земного альbedo, состояния атмосферы, ледовых шапок и глобальной картины молниевой активности.

Следующим этапом освоения Луны станет развёртывание посещаемой базы с целью освоения и использования природных ресурсов Луны, необходимых, в частности, для обеспечения межпланетных перелётов. Так, освоение Луны становится первым шагом на пути к освоению Марса. Целесообразность использования нашего спутника в качестве «перевалочного пункта» для межпланетных экспедиций связана с решением баллистических задач, а также с использованием некоторых минеральных ресурсов (например, воды, сырья для производства компонентов топлива ракет). Впрочем, есть и другие мнения. Поскольку Россия значительно отстает в исследованиях (и, соответственно, будущем освоении) Луны, а имеющийся опыт долговременных пилотируемых полётов абсолютно уникален, России следует, минуя промежуточные этапы, готовить пилотируемую экспедицию на Марс и стать лидером международного консорциума, который обязательно возникнет вокруг такого проекта.

Оценить, какое время понадобится для осуществления этих планов, довольно сложно. Если, как предполагается сейчас, пилотируемая экспедиция на Марс произойдет уже в первой половине этого века, то, вероятно, постоянная база на Луне — дело ближайших десятилетий. Разумеется, первыми Луну будут исследовать автоматы: орбитальные, а затем посадочные станции, специализированные луноходы. Как показывает, например, программа исследований действующего в настоящее время американского аппарата Lunar Reconnaissance Orbiter, внимание исследователей направлено уже не на фундаментальные характеристики Луны как небесного тела, а на её пригодность для последующей высадки космонавтов и развёртывания лунной базы.

Предположим, что этот первый этап освоения Луны завершился успешно. Может ли предложить наш спутник что-то еще? Оказывается, да. Дело даже не в потенциальных полезных ископаемых. Так, добыча гелия-3, который часто прочат на роль главного лунного ресурса, если и будет осуществлена, то всё же, видимо, не в этом столетии — слишком велики технологические трудности в осуществлении термоядерной реакции с гелием-3. Но ресурс, который можно и следует использовать уже в ближайшем будущем, — это сама Луна как место для энергоёмких производств.

Потребность вывода таких производств за пределы Земли постоянно растёт. Наша планета — достаточно хрупкая система, все части которой настолько хорошо «подогнаны» друг к другу, что увеличение вкладываемой в неё энергии может привести к необратимым последствиям. Оценки показывают, что развитие человечества, растущее производство и связанное с этим перепроизводство энергии могут стать угрозой для экологического баланса Земли. Из результатов ряда исследований по природе изменений климата Земли следует, что количественный уровень производства энер-

гии на Земле имеет жёсткое ограничение. Мощность земной энергетики не должна превышать 0,1 % мощности солнечного излучения, падающего на Землю, или 90 тераватт. Это всего в шесть раз больше современного уровня. В то же время прогнозы потребления и, соответственно, производства энергии показывают, что при стихийном его развитии этот предел будет достигнут уже в несколько ближайших столетий, и этот прогноз требует тщательного анализа.

Однако уже сейчас становится ясно, что человечество рано или поздно должно предпринять меры к выносу энергоёмких производств, а следом — и производства энергии — за пределы атмосферы нашей планеты — на орбиту Земли или на поверхность Луны. Хотя электростанции и заводы на Луне пока кажутся фантастикой, первые шаги к их созданию, вероятно, будут сделаны уже в этом столетии.

Итак, первым шагом на пути человечества в космос станет Луна. За ней, скорее всего, последует Марс, хотя, в отличие от нашего спутника, задачи освоения Марса пока не так очевидны. Тем не менее, пилотируемый полёт на Красную планету станет важнейшим движущим фактором космических исследований ближайших десятилетий — сравнимым по своему значению с гонкой за вывод на орбиту первого спутника, запуском первого человека в космос, первым шагом человека на Луне.

Как показывает история освоения космического пространства, прежде всего, в нашей стране и США, придать комплексный импульс развитию ракетно-космической техники, а вместе с ней — развитию науки и техники страны в целом можно, лишь имея «локомотивный» инновационный космический проект. Необходимость его реализации стимулирует качественный рост самого широкого спектра научно-технических областей государства. Оптимальной задачей для такого комплексного инновационного космического проекта, на взгляд большинства аналитиков, и является пилотируемый полёт к Марсу.

Вероятно, что в ближайшие десятилетия именно этот проект захватит умы и силы всех крупнейших космических агентств мира и во многом (если не во всём) определит облик космонавтики в ближайшие пятьдесят лет.

Можно предположить несколько вариантов марсианской «одиссеи», но если говорить о системном подходе к проблеме, то главную цель марсианской программы — высадку космонавтов на Марсе — целесообразно реализовывать в несколько этапов. В первую очередь, необходимо произвести широкомасштабные исследования Марса и создать постоянно действующую марсианскую исследовательскую сеть, состоящую из автоматических космических аппаратов на поверхности планеты и орбитальных аппаратов на орбите Марса. Следующим шагом станет доставка образцов грунта с Марса на Землю. Этот этап исследований планеты направлен на выяснение всех аспектов, связанных с подготовкой пилотируемого полёта, условий на поверхности и в атмосфере Марса.

Только после этого можно реализовать облётно-орбитальную экспедицию к Марсу, предусматривающую исследование этой планеты при помощи космонавтов, которые будут управлять с борта пилотируемого комплекса целой «флотилией» автоматических аппаратов, работающих на орбите Марса и на его поверхности. Эффективность такой экспедиции, получающей в реальном времени информацию о процессах в марсианской атмосфере, данные о его поверхности и радиационных условиях, будет очень высока.

Такой сценарий марсианской миссии хорош тем, что позволяет максимально полно задействовать научно-технические достижения как пилотируемой, так и беспилотной космонавтики и, с другой стороны, даёт равновеликие импульсы для их развития. В истории мировой космонавтики до сих пор не было подобного проекта.

Огромное значение для такой экспедиции имеют достижения космической медицины, полученные, прежде всего, нашей страной, при длительных полётах человека на орбитальных пилотируемых станциях. Подготовка к полёту человека на Марс уже началась. В 2009–2010 годах в Институте медико-биологических проблем РАН проводится эксперимент, Марс-500, моделирующий экспедицию международного экипажа на Марс в условиях, какие только возможно создать на Земле, максимально приближённых к реальному полёту. Разрабатываются методы и способы повышения сопротивляемости организма человека к воздействию агрессивных факторов космической среды. Кстати, это направление научных исследований весьма актуально и для земных нужд в условиях ухудшающейся экологической обстановки на Земле.

Для создания межпланетного экспедиционного комплекса необходимо использование инновационных принципов движения в космическом пространстве с использованием ядерных энергетических установок и электрореактивных двигателей.

Облётно-орбитальная экспедиция к Марсу предполагает создание универсального межпланетного экспедиционного комплекса, который после возвращения с околомарсианской орбиты сможет работать на околоземной орбите как обычная пилотируемая станция или же совершить повторный полёт к Марсу, на этот раз – с пристыкованным посадочным модулем.

Следующий этап марсианской программы – высадка человека на поверхность планеты – произойдёт достаточно быстро, после того, как будет реализован сценарий облётно-орбитальной миссии. Но предсказать, что произойдёт с марсианской программой дальше, сейчас очень сложно. Во многом это будет зависеть от тех задач, ради которых можно поддерживать постоянную базу на четвёртой планете Солнечной системы.

Вряд ли такими могут стать задачи производства или добычи редких ресурсов – слишком далеко от Земли находится Марс, чтобы такое производство стало рентабельным. Мечта о внеземной колонии, скорее всего, так и останется мечтой. Условия на Марсе хотя и можно сравнивать с условиями в Антарктиде, например, по температуре, но во многом другом исключительно

враждебны человеку и не способствуют длительному пребыванию: в атмосфере планеты очень мало кислорода, её поверхность практически не защищена от космической радиации. Тем не менее вполне вероятно, что какая-то база на Марсе будет создана уже «к излёту» этого столетия, но функции её будут сугубо научными: примерно так же, как это сейчас происходит в Антарктиде.

Марс, видимо, станет последним рубежом Солнечной системы, которого должна достигнуть пилотируемая космонавтика — по крайней мере, в обозримом будущем. Предполагается, что подготовка и реализация крупных проектов по исследованию и освоению космического пространства будет возможна только в международной кооперации стран космического клуба, но при этом национальный вклад в эти работы должен быть достаточно видимым и весомым.

Дальние планеты Солнечной системы и их спутники в ближайшем столетии останутся «вотчиной» автоматических космических аппаратов, причём и задачи экспедиций, и технические средства их реализации будут всё усложняться. От орбитальных аппаратов, ведущих дистанционные исследования, мы должны перейти к посадочным аппаратам, пенетраторам, внедряющимся внутрь небесного тела, вездеходам, а на планетах и их спутниках, обладающих атмосферами, — зондам-баллонам, которые могут продолжительное время находиться над поверхностью планеты. От «отрывочных» экспедиций человечество перейдёт к систематическому изучению наиболее интересных тел Солнечной системы. Уже сейчас такая тенденция становится реальностью.

Ведущей научной задачей исследований, скорее всего, станут поиски живых организмов или их следов вне Земли в попытке ответить на вопрос: как возникла жизнь в Солнечной системе, возможно ли повторение этого процесса где-то еще, существуют ли развитые цивилизации в планетных системах у других звезд. Параллельно с этой проблемой, и даже предворяя ее, будет исследоваться вопрос о том, как формировалась Солнечная система, является ли она единственной в своём роде или наоборот — представляет обширный класс похожих систем.

Первым шагом на пути такого исследования может стать международный проект по исследованию спутников Юпитера, который планируется начать в начале 20-х годов нынешнего столетия. В нём собираются принять участие США, Европа, Россия и Япония. Внимание учёных привлекают два спутника Юпитера Европа и Ганимед, где, как следует из данных космических аппаратов «Вояджер» и «Галилей», под верхним слоем льда находится океан жидкой воды. Согласно существующим представлениям, вода — важнейшее условие для зарождения жизни, по крайней мере, в той её форме, которую знаем мы. Другим необходимым условием является приток энергии, который в данном случае обеспечивает приливное воздействие Юпитера на процессы, происходящие в недрах этих спутников.

Следующими станут исследования системы Сатурна и его спутника Титана, который, как показал космический аппарат «Пойгенс», очень похож

на Землю. Но ту роль, которую на Земле играет вода, на Титане выполняет метан и другие углеводороды. Возможно, на этом небесном теле нельзя найти жизнь, но его изучение позволит понять многое о том, как происходило формирование Солнечной системы.

В ближайшие десятилетия, скорее всего, будут предприняты новые научные экспедиции к системам Урана и Нептуна и можно ожидать, что они принесут чрезвычайно интересные данные как о самих планетах, так и об их спутниках. Предсказать исход этих исследований невозможно, и остаётся только позабавивать тем, кому предстоит работать в это интереснейшее время.

Впрочем, хотя в ближайшие столетия человек, скорее всего, не полетит дальше Марса, нас ожидает очень интересная работа по освоению и, так сказать, приспособлению околоземного пространства к нуждам человека. Существует довольно много задач, которые предстоит решить, и уже в ближайшем будущем для этого нет технологических препятствий.

Важный комплекс задач связан с изучением и прогнозированием космической «погоды» — изменений в земной магнитосфере, связанных с событиями на Солнце. Нельзя забывать, что мы живём фактически в атмосфере звезды, звезды среднего класса и среднего возраста. Солнечный ветер был открыт всего 50 лет назад и только сейчас мы начинаем понимать отдельные элементы длинной цепочки воздействия Солнца и солнечного ветра на земные процессы. Начиная с 60-х годов XX века проводятся многочисленные комплексные исследования, позволяющие лучше понять солнечно-земные связи, механизмы переноса энергии от Солнца к Земле и процессы, происходящие в околоземном пространстве в ответ на солнечные события. В будущем нас, вероятно, ждёт качественный скачок в таких исследованиях и повышение их точности. Кроме этого, здесь к космическим исследованиям, скорее всего, примкнёт целый комплекс дисциплин, изучающих воздействие магнитосферных изменений на биологические организмы и технические системы. Таким образом, мы должны приблизиться к пониманию сложного механизма воздействия Солнца на жизнь на Земле. Кроме прикладных аспектов, которые очевидны уже сейчас, такие исследования, возможно, прольют свет и на то, как могла зародиться жизнь на нашей планете.

Если вернуться к космическим средствам, то в исследованиях солнечно-земных связей главная роль будет принадлежать, скорее всего, многоспутниковым системам, часть из которых будет непрерывно следить за Солнцем, возможно, из разных точек и даже на космических аппаратах вне плоскости эклиптики, а другая часть — измерять параметры пространства вблизи Земли и в земной ионосфере. Прообразом такой системы служит действующая ныне программа НАСА «Жизнь со звездой», в рамках которой объединялись аппараты по изучению Солнца, принадлежащие различным космическим агентствам, международный проект «Интербол», главным исполнителем которого выступила Россия, и действующие сейчас международные многоспутниковые проекты ЕКА «CLUSTER» и NASA «THEMIS».

Возможно, к середине века будет сформирована своего рода постоянная система — «служба космической погоды», которая, подобно службе погоды обыкновенной, будет собирать данные для долгосрочного и краткосрочного прогнозирования.

Такая «служба» будет особенно нужна для межпланетных экспедиций, поскольку энергичные события на Солнце представляют угрозу для космонавтов в полёте и особенно на поверхности Луны и Марса, тел, почти не обладающих собственными магнитными полями.

Другой аспект изучения околоземного пространства связан с обеспечением безопасности самой Земли от ударов крупных, размерами не менее нескольких десятков метров, астероидов и комет. Некоторые астероиды, в частности, околоземные, обращают на себя повышенное внимание с точки зрения потенциальной угрозы при возможном столкновении с Землёй. Не так часто, как на начальных этапах формирования Солнечной системы, но большие метеоритные тела всё-таки падают на Землю и сейчас. О том, что эта опасность существует, говорят и наличие крупных кратеров на Земле, и такие события, как падение Тунгусского метеорита, произошедшее всего 100 лет назад, и недавние столкновения крупной кометы Шумейкера-Леви с Юпитером. Важно попытаться предсказать, что произойдёт, если подобное тело столкнётся с Землёй. Расчётами последствий удара в основном занимались специалисты по ядерным взрывам, и их опыт даёт интересные сравнения, представленные на рис. 3.

Внимание к проблеме астероидно-кометной опасности (АКО) в последние годы заметно возросло благодаря специализированным программам наблюдений за малыми телами Солнечной системы. Эффективность обнаружения потенциально опасных астероидов благодаря этим программам резко возросла, и поток новой информации заставил совсем по-



Рис. 3. Сравнительные оценки энергии, выделяемой при взрыве метеоритного удара (См. рисунок на цветной вкладке)

иному взглянуть на проблему АКО. Число известных опасных объектов стало довольно быстро увеличиваться и, кроме этого, были обнаружены реально угрожающие Земле малые тела. Но при этом точность расчёта их траекторий, а следовательно и прогнозов исходящей от них угрозы и последствий столкновения, остаются недостаточной. Не решены и вопросы организации противодействия такой угрозе.

Особую роль в решении этих проблем могут сыграть космические технологии. Необходимы специализированные телескопы космического базирования для обнаружения опасных тел в направлениях, достаточно близких к направлению на Солнце. Появление комет из таких направлений, движущихся по сильно вытянутым орбитам, представляют собой особенно повышенный риск, ввиду крайне сложных условий их наблюдения, приводящий к эффекту неожиданности, что при определённых условиях может быть весьма опасно для Земли.

Также важно определение физических и химических характеристик объектов, сближающихся с Землёй, их внутренней структуры — являются ли они «монокристаллическими» телами или представляют собой относительно слабо связанный конгломерат менее крупных астероидов. Всё это необходимо исследовать, чтобы найти лучший способ предотвратить их столкновения с Землёй или, по крайней мере, уменьшить ущерб. В связи с этим космические миссии к таким телам и особенно к потенциально опасным объектам имеют важное значение, как для решения научных задач по исследованию физических свойств угрожающего тела, так и для поиска путей предотвращения угрозы.

Из обнаруженных к настоящему моменту астероидов наибольшую потенциальную опасность представляет астероид 2004 MN₄ (Апофис, диаметр 350 м), который пролетит вблизи Земли в ~ 2029 году, и затем в 2036 году. Этот астероид уже сейчас стал объектом самого пристального внимания в разных космических агентствах. Вероятно, именно ему предстоит стать первым объектом, на котором человечество «испробует» свои умения и знания в попытках прогнозировать и, если это потребуется, повлиять на ход событий. Будущее астероида Апофис пока не ясно: требуются специальные исследования для точного прогноза его орбиты, возможно, отдельные космические миссии для исследования его дистанционными и контактными методами. Уже сейчас предлагаются идеи предотвращения столкновения опасных астероидов с Землёй, основанные на поиске оптимальных методов их разрушения (например, с помощью мощных лазерных импульсов) или плавного изменения параметров орбиты.

Опыт с астероидом Апофис покажет и дальнейшие способы работы с подобными объектами, хотя, конечно, хочется надеяться, что в будущем человечеству не часто придётся встречаться с такими угрозами.

Околоземные астероиды, впрочем, могут представлять не только опасность, но и стать потенциальной ресурсной базой человечества, и это вполне может произойти в течение ближайшего столетия. Как известно,

астероиды могут очень сильно отличаться по своему составу. Большинство астероидов (~75 %) — углеродные, значительно меньше (~17 %) — силикатные (содержащие кремний) и большинство оставшихся — металлические астероиды, которые, скорее всего, представляют железо-никелевые сплавы. Классификация астероидов основана на наземных измерениях спектра отраженного излучения, что, однако, может не отражать реальный состав этих малых тел. Некоторые из астероидов могут представлять интерес с точки зрения использования их недр в качестве сырья для производств, которые в перспективе могут быть организованы на поверхности астероида либо на орбите вблизи него.

Следует иметь в виду, впрочем, что число астероидов, представляющих интерес с точки зрения использования природных ресурсов может быть ограничено, поэтому если такое производство станет возможным, то, вероятно, возникнет и достаточно жёсткая конкуренция. Именно здесь, наверное, впервые мы сталкиваемся с проблемой ограниченности космических ресурсов, сродни той, с которой мы уже столкнулись на Земле. Ограничения эти, как правило, связаны с уникальными особенностями отдельных районов в космическом пространстве, наличием некоторых особо привлекательных орбит или существованием выделенных областей на поверхности Луны и планет.

На Луне ограниченным ресурсом являются полярные области. Их особенность обусловлена тем, что здесь существуют районы, которые постоянно освещаются Солнцем, и районы, которые постоянно находятся в тени. Это делает их особенно привлекательными для использования в научных и прикладных целях. В частности, в постоянно освещённых местах удобно устанавливать солнечные батареи для производства энергии. В затенённых местах возможно повышенное содержание водяного льда, хотя проблема льда на Луне ещё не достаточно изучена.

Столь же ограниченным природным ресурсом являются либрационные «точки», или точки Лагранжа. Это такие точки в системе двух массивных тел, в которых их гравитационные воздействия уравниваются и космический аппарат в таких областях может оставаться достаточно продолжительное время. Космический аппарат в точке Лагранжа, например, между Солнцем и Землёй, может вести постоянный мониторинг условий на Солнце, что чрезвычайно важно для изучения нашей звезды и слежения за её жёстким излучением, которое может влиять на состояние как крупных технологических систем в космосе и на Земле, так и на самого человека. В точке либрации, которая находится позади Земли, напротив, исключительно удобно помещать аппараты, которые должны быть постоянно закрыты от Солнца и изучать глубокий космос. И хотя пока «места» в этих точках хватает всем, уже в ближайшем столетии ситуация может измениться. Мы уже столкнулись с подобной проблемой для геостационарной орбиты, положения спутников на которой жёстко регулируются международной организацией.

Такая судьба, кстати, может ожидать и привычные нам околоземные орбиты. Недавнее столкновение двух спутников показало, что места вокруг нашей планеты не так уж много. В связи с этим особенно актуальным становится проблема очищения околоземного пространства от «космического мусора» — переставших функционировать искусственных спутников и их частей. Можно с большой долей вероятности утверждать, что в ближайшее столетие её придётся так или иначе решать: разрабатывая специальные системы самоуничтожения спутников или «уводя» их в относительно безопасные районы околоземного пространства после завершения активной работы.

Такой прогноз, разумеется, грешит приблизительностью и, что ещё важнее, неизбежной зависимостью от задач и возможностей сегодняшнего дня. Мы исходили из предположения, что в ближайшее столетие не произойдёт технологических прорывов, которые радикально изменят существующие методы изучения и освоения космоса. Кроме этого, мы основываемся на том, что интерес наших ближайших потомков к космосу будет столь же большим и бескорыстным, как и наш. Поколения первых космических десятилетий вдохновлялись романтикой научного поиска и постижения тайн Вселенной, которая внезапно открылась перед ними во всём своём великолепии. Но этот пыл не вечен. На смену романтикам неизбежно приходят прагматики, или, вернее, другие романтики, которых вдохновляют совсем иные образы.

Может оказаться, что в следующем столетии космос перестанет быть пространством поиска и новых достижений именно для человека, как это описывал Лем в «Возвращении со звезд». Весьма вероятно, что это произойдёт после полёта к Марсу, на чём задачи пилотируемой космонавтики в бóльшей степени исчерпаются и, может быть, не в последнюю очередь из-за того, что исчезнет манящий экзотический рубеж. Так было на Земле уже не раз, с покорением полюсов, Эвереста и глубин океана. Пространство за орбитой Марса остаётся слишком далёким и слишком враждебным, чтобы всерьёз говорить о пилотируемых полётах на спутники Юпитера или Сатурна. Вместе с этим стимулом покорения, однако, исчезнет многое, что вдохновляло и всё ещё продолжает вдохновлять космонавтику сегодняшнего дня. Облик космонавтики конца XXI века будут определять, по всей видимости, совсем другие задачи: систематическое изучение нашей Солнечной системы и пространства вокруг неё, достаточно рутинная работа в околоземном пространстве и на Луне.

Такое предсказание, возможно, выглядит слишком пессимистичным, но это только для космонавтики, а не для человека: можно быть уверенным, что и через сто лет человек будет стремиться к новым рубежам своих возможностей. А где они будут находиться — покажет будущее. Ясно лишь одно, как это предсказывали, кстати, многие писатели, — на смену бурному увлечению космосом придёт понимание того, что главная ценность для человека всё равно остаётся на Земле.