



# Космос XXI

Член-корреспондент РАН

**Л.М. Зеленый,**

Институт космических исследований РАН

## Долетайте до самого Солнца и домой...

Совсем недавно, в октябре прошлого года, человечество отметило пятидесятилетие выхода в космос. За прошедшие годы запуски спутников и межпланетных станций принесли множество новых сведений об окружающем мире, которые было невозможно получить никакими другими методами. Одной из наиболее ярких областей, где



космические исследования дали качественно новые знания, оказалось исследование физических процессов в окружающем космическом пространстве и солнечно-земных связей.

Родоначальником этой области стал выдающийся советский ученый А.Л.Чижевский, со дня рождения которого прошло 110 лет. Его статистические исследования показали, что происходящие на Земле явления самой разной природы, от биологических до социальных, связаны с активностью Солнца. Причину одной из главных проблем гелиобиологии, а именно слабой воспроизводимости результатов экспериментов, как раз и удалось выявить на основании полученных со спутников данных. Оказалось, что причинно-следственные связи между характеристиками солнечного излучения, параметрами межпланетной среды, магнитосферы, ионосферы и верхней атмосферы Земли чрезвычайно сложны. Наибольшая трудность состоит в нестационарности этих процессов. Изучению космической плазмы советские и российские ученые отдали много сил. Сегодня земная магнитосфера со своей сложной плазменной динамикой продолжает интересовать специалистов: проекты по исследованию Солнца и магнитосферы Земли занимают одно из центральных мест в планах ведущих космических агентств мира.

Гравитационное поле Солнца не может удержать плазму солнечной короны, и она со сверхзвуковой скоростью растекается в межпланетное пространство, заполняя собой и «вмороженным» в нее магнитным полем все пространство в пределах гелиосферы, за которой начинается межзвездный газ. Радиус гелиосферы примерно в 100 раз превышает расстояние от Солнца до Земли, и совсем недавно американский космический аппарат «Вояджер» сумел спустя тридцать лет полета добраться до этой границы. Однако само существование солнечного ветра было доказано экспериментально в 1959 году с помощью приборов станций «Луна-2» и «Луна-3».

В СССР особое место занимала программа спутников серии «Прогноз». Всего было запущено 10 таких спутников. Из полученных результатов стоит отметить регистрацию и изучение необычных межпланетных явлений после серии гигантских солнечных вспышек в августе 1972 года. Спутники «Прогноз-4», «Прогноз-5» и «Прогноз-6» обнаружили зону горячей плазмы на периферии плазмосферы Земли. «Прогноз-9» был выведен на очень высокую орбиту, почти в хвосте магнитосферы и получил интересные данные. Последний спутник, «Прогноз-10», изучил поведение ионов на фронте ударных волн солнечного ветра.

Уникальный материал был получен в 90-х годах в рамках международного проекта «Интербол». Четыре спутника, два из которых были разнесены на большое расстояние, одновременно проводили наблюдения в различных областях магнитосферы Земли. В результате ученые стали лучше понимать, как изменяется космическая

среда в зависимости от активности Солнца. Эта работа будет продолжена в проекте «Резонанс», где также станут участвовать четыре спутника. Основная цель — изучение взаимодействия электромагнитного излучения с заряженными частицами во внутренней магнитосфере Земли и контроль за техногенными воздействиями на магнитосферу и геофизические процессы. Полученные данные удастся использовать для количественной оценки поведения энергичных частиц в радиационных поясах, а также динамики магнитных возмущений, которые ощутимо влияют на здоровье людей. Эту область околоземного космического пространства иногда называют кухней космической погоды — именно здесь генерируются мощные токи, текущие вокруг Земли и приводящие к магнитным депрессиям на ее поверхности.

На конец 2008 года запланирован вывод на высокоэллиптическую орбиту с апогеем 350 тысяч километров — это почти равно расстоянию до Луны — космического аппарата «Спектр-Радиоастрон». Основная задача проекта — космическая радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой (речь о которой пойдет ниже). Однако почти 90% времени спутник будет находиться за пределами магнитосферы и послужит неплохим средством для изучения межпланетного пространства. Его модули будут изучать поведение межпланетного магнитного поля, а также потоков энергичных ионов и электронов. На похожую орбиту, только с меньшим удалением от Земли, предполагается вывести и спутник «Странник», оснащенный оборудованием для наблюдения за магнитными бурями. Он станет пересекать различные зоны магнитосферы и зондировать их состояние. Для мониторинга солнечного ветра могут быть запущены несколько микроспутников с солнечными парусами (проект «Клиппер»). За счет давления фотонов на парус им удастся ослабить действие солнечного притяжения и отойти от Земли на расстояние 3–4 млн. км, достигнув некоего аналога точки либрации для Солнца. В такой точке силы гравитации Земли и Солнца с учетом эффектов радиационного давления солнечного ветра уравновешиваются, и спутник может находиться на почти стабильной орбите в течение длительного времени. В результате о магнитных бурях удастся узнавать за 3–4 часа до их начала.

Солнце и солнечно-земные связи на разных этапах цикла солнечной активности изучают в программе «КОРОНАС» (от Комплексные орбитальные околоземные наблюдения Солнца). В 1994-м был запущен спутник «Коронас-И». Он проводил исследования в ионосфере в тот период, когда активность была в районе минимума. «Коронас-Ф», запущенный в 2001 году, исследовал максимум 23-го цикла. За время его полета получено около миллиона спектральных изображений Солнца, впервые определено абсолютное содержание некоторых элементов в его короне. Он же наблюдал глобальные колебания нашего светила и его внутреннее строение в диапазоне от гамма-лучей до видимого света. «Коронас-

Фотон» продолжит эту серию исследований. Наблюдая Солнце в гамма- и жестком рентгене, он изучит процессы накопления и трансформации энергии солнечных вспышек. Эти исследования помогут понять механизмы ускорения частиц на Солнце, поведение его самых активных областей и дадут дополнительную информацию о роли процессов на Солнце в глобальном потеплении. Эти данные помогут окончательно принять или отбросить гипотезу антропогенного влияния на климат. Понятно, что если потепление связано с процессами на Солнце, то для смягчения грозящей катастрофы нужно предпринимать совсем не те меры, что продиктованы Киотским протоколом.

Что касается исследований Солнца с близкого расстояния, то в России принят к реализации проект «Интергелиозонд». Космический аппарат предполагается отправить к светилу с использованием гравитационного маневра у Венеры. Он должен подойти к Солнцу на расстояние 30–40 его радиусов и повести исследования в видимом, ультрафиолетовом, гамма- и рентгеновском диапазонах. Этот проект будет работать скоординированно с проектом ЕКА «Сан орбитер».

### На пыльных тропинках далеких планет...

Отечественные аппараты очень давно, более тридцати лет, не летали на Луну. Не исключено, что в 2012 году этот перерыв закончится и к Луне полетит аппарат «Луна-Глоб». В его задачи будет входить поиск воды на дне затененных кратеров в районе полюсов, изучение внутреннего строения Луны и количественное исследование ее ядра. Планируется внедрение в поверхностные слои скоростных пенетраторов, которые сыграют роль сейсмических станций, а также позволят проанализировать строение глубинных слоев Луны. Эти измерения будут дополнены изучением аномалий гравитационного поля Луны, имеющих там магнитных локальных аномалий и слабой, но все же существующей у нашего спутника экзосферы.

Более отдаленный проект — создание на обратной стороне Луны радиоастрономической обсерватории нового класса. Дело в том, что магнитосфера Земли полностью экранирует радиоизлучение космоса на частотах менее 10 МГц. А в этом диапазоне удобно проводить самые

разные астрофизические исследования, от поиска экзопланет до изучения возмущений солнечного происхождения. Предполагается, что лунный радиотелескоп будет представлять собой поле приемников излучения, размещенных на площади в несколько десятков квадратных километров. Центральный узел станет собирать информацию, обрабатывать ее и передавать на Землю.

Последним относительно удачным отечественным проектом по исследованию планет Солнечной системы была запущенная в 1988 году экспедиция «Фобос». «Марс-96» из-за сбоя ракеты-носителя так и не вышел на траекторию полета к Марсу. Вскоре после этой аварии наступили времена хронического недофинансирования отечественных космических программ. Оставалось только участвовать в зарубежных проектах: российские специалисты внесли свой вклад в оснащение приборами американской экспедиции «Марс-Одиссей» и американских марсоходов, а также экспедиций ЕКА «Марс-экспресс» и «Венера-экспресс». Теперь же появилась возможность подготовить к 2009 году собственную межпланетную экспедицию — «Фобос-грунт». Основная цель — доставка на Землю 100 грамм грунта с Фобоса. Поскольку предполагается, что спутники Марса состоят из первородного вещества Солнечной системы, важность такой экспедиции для планетологии трудно переоценить. На космическом корабле будет установлена китайская автоматическая станция для изучения плазменных параметров околосолнечного космического пространства, своего рода изучения марсианской космической погоды. Кроме того, есть план сотрудничества с ЕКА: посадочный модуль на Фобосе может послужить неплохим ретранслятором для передачи информации с тяжелого марсохода, с помощью которого европейцы во время экспедиции «Экзомарс» собираются искать следы былой жизни в марсианском грунте. В случае удачи «Фобос-грунта» за ним последуют десанты отечественных марсоходов, а затем и экспедиция «Марс-грунт».

Советской науке принадлежит несомненный приоритет в исследованиях Венеры. В 1967 году станция «Венера-4» послала первые сигналы на Землю с этой планеты. Исследования, проведенные станциями «Венера-6», «Венера-7» и «Венера-8» позволили установить главные характеристики ее атмосферы; оказалось, что эта планета со-

всем не похожа на Землю, а многочисленные писатели-фантасты, рассказывавшие о прогулках под вечным венерианским дождем, сильно ошиблись. В 1975 году начались исследования Венеры с помощью посадочных аппаратов, которые передали первые фотографии ее поверхности в районах посадки. Самые сложные задачи выпали на долю автоматических станций «Вега-1» и «Вега-2». Прежде чем отправиться на встречу с кометой Галлея, они взяли курс на Венеру и скинули на нее как обычные посадочные модули, так и аэростатические зонды. Эти зонды позволили построить горизонтальный профиль метеорологических характеристик и экспериментально обнаружить явление суперротации венерианской атмосферы.

Затем в исследованиях Венеры наступил перерыв, который длился до 2005 года, когда к этой планете долетела станция ЕКА «Ве-

*Так макет аппарата «Фобос-грунта» выглядел на посвященной 50-летию начала космической эры выставке в ИКИ РАН*



нера-экспресс», собранная в целях экономии из дублирующих модулей «Марса-экспресс». Эта станция обнаружила много нового в поведении венерианской атмосферы, и сейчас участники проекта, в том числе российские ученые, обрабатывают полученные данные.

В Федеральную космическую программу на 2006–2015 годы включен проект «Венера-Д» — создание космического комплекса для детального исследования атмосферы и самой планеты в течение достаточно длительного времени. Все предыдущие посадочные аппараты смогли выдержать высокие венерианские температуры и давления не более полутора часов. В посадочном модуле «Венеры-Д» будет стоять специальная электроника, способная работать при температуре 300°C — ведь за бортом 500°C и высокое давление. Не исключено, что проект удастся совместить с проектом исследований Венеры, представленным в ЕКА. Тогда в состав полезной нагрузки космического корабля войдут европейский орбитальный модуль, созданный на базе «Венус-Экспресс», российский посадочный модуль для исследования поверхности и европейский аэростат для изучения верхних слоев атмосферы. Возможно, присоединятся и японские исследователи, которые хотели бы с помощью низколетящего аэростата заглянуть в слой атмосферы под облаками, где уже весьма жарко. Вся экспедиция должна будет улучшить понимание эволюции Венеры и ее климата и сопоставить с аналогичными процессами на Земле. По мнению многих планетологов, Венера в прошлом вполне могла быть полным аналогом Земли, однако случившееся на ней катастрофическое потепление перевело планету в нынешнее горячее состояние. Определить, так это было или нет, — весьма важно для понимания будущего нашей планеты. Российские приборы будут участвовать и в проекте ЕКА по исследованию Меркурия.

Полеты отечественных экспедиций на периферию Солнечной системы, к планетам-гигантам, в пояс Койпера, возвращение на Землю образцов вещества астероидов и комет — все это технически возможно уже сейчас, однако воплотиться в реальность такие проекты смогут в более отдаленном будущем. Впрочем, принятие политического решения об освоении Марса или развертывании обитаемой лунной базы может внести в планы этого будущего серьезные коррективы.

## **А звезды тем не менее чуть ближе, но все так же холодны...**

Открытый космос — прекрасное место для изучения Вселенной. Ничто — ни магнитные, ни тепловые поля, ни атмосфера — не мешает установленным там телескопам принимать сигналы из самых далеких уголков пространства. Более того, вывод телескопов в космос породил новые виды астрономии — в гамма- и рентгеновском диапазонах, и эта космическая астрономия за три десятка лет фактически изменила картину окружающего нас мира. Создание рентгеновской астрономии было отмечено в 2002 году Нобелевской премией по физике.

Первую полноценную астрофизическую обсерваторию советские ученые получили в 1983 году. Этот космический аппарат, «Астрон», созданный на базе станции «Венера», имел на своем борту ультрафиолетовый телескоп с зеркалом диаметром 90 см и рентгеновский телескоп. С 1987 года на борту станции «Мир» работала обсерватория «Рентген». Спустя два года на орбиту выведена новая обсерватория — «Гранат». В результате их работы был открыт вспыхивающий рентгеновский пульсар, про-



## **ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ**

слежены изменения периодов вращения многих десятков рентгеновских пульсаров, обнаружены десятки рентгеновских всплесков от нейтронных звезд — барстеров, которые представляют собой следы взрывоподобных процессов, возникающих при падении массивных объектов на поверхность этих звезд.

Сейчас наши ученые работают над несколькими проектами космических обсерваторий. Первый из них — упомянутый выше «Спектр-Радиоастрон» — должен быть запущен в 2008 году. Цель проекта — создать наземно-космический радиоинтерферометр. В космосе будет находиться спутник с 12-метровой параболической антенной, а на Земле — сеть крупнейших радиотелескопов. Получится гигантский радиотелескоп с диаметром антенны, равным высоте орбиты спутника. В результате разрешающая способность составит стотысячные доли секунды, что позволит внимательно разглядывать активные ядра галактик, а также квазары.

Еще одна обсерватория, «Спектр-УФТ», отправится в космос в 2010 году. Этот российский телескоп будет видеть объекты, яркость которых в 20 раз меньше, чем способен видеть знаменитый телескоп «Хаббл». Кроме того, «Спектр-УФТ» отправят на очень вытянутую орбиту, с апогеем 300 тысяч километров, и Земля почти не будет загораживать от него космос. «Хаббл» же половину времени проводит в тени планеты.

Не исключено, что в 2011 году будет наконец реализован задуманный двадцать лет назад проект обсерватории «Спектр-Рентген-Гамма». Хотя основная научная аппаратура для нее была уже сделана, из-за проблем с финансированием, возникших в начале 90-х годов, смонтировать и запустить спутник не удалось. Потом к проекту подключилось ЕКА, и проект назвали «Спектр-РГ/eROSITA/Lobster». Слово «Спектр» осталось в память о космической платформе, изначально планировавшейся для базовой обсерватории. Основная задача спутника — выполнить широкий обзор неба в большом диапазоне энергий с использованием рентгеновских телескопов, строящих изображение. Ожидается, что в ходе обзора удастся обнаружить скрытую популяцию из 100 тысяч сверхмассивных черных дыр. Потом будут выполнены глубокие обзоры в направлении полюсов Галактики, что приведет к обнаружению около 50 тысяч неизвестных галактик и позволит провести детальные исследования некоторых из них. Цель: изучение природы темной энергии и темной материи, которая представляет собой одну из наиболее важных фундаментальных проблем современной науки.

Таковы основные идеи, над которыми работают наши ученые, занятые исследованиями Солнечной системы и дальнего космоса с помощью космических аппаратов. Насколько обоснованны их надежды на реализацию всех этих интересных проектов, покажет ближайшее время.

