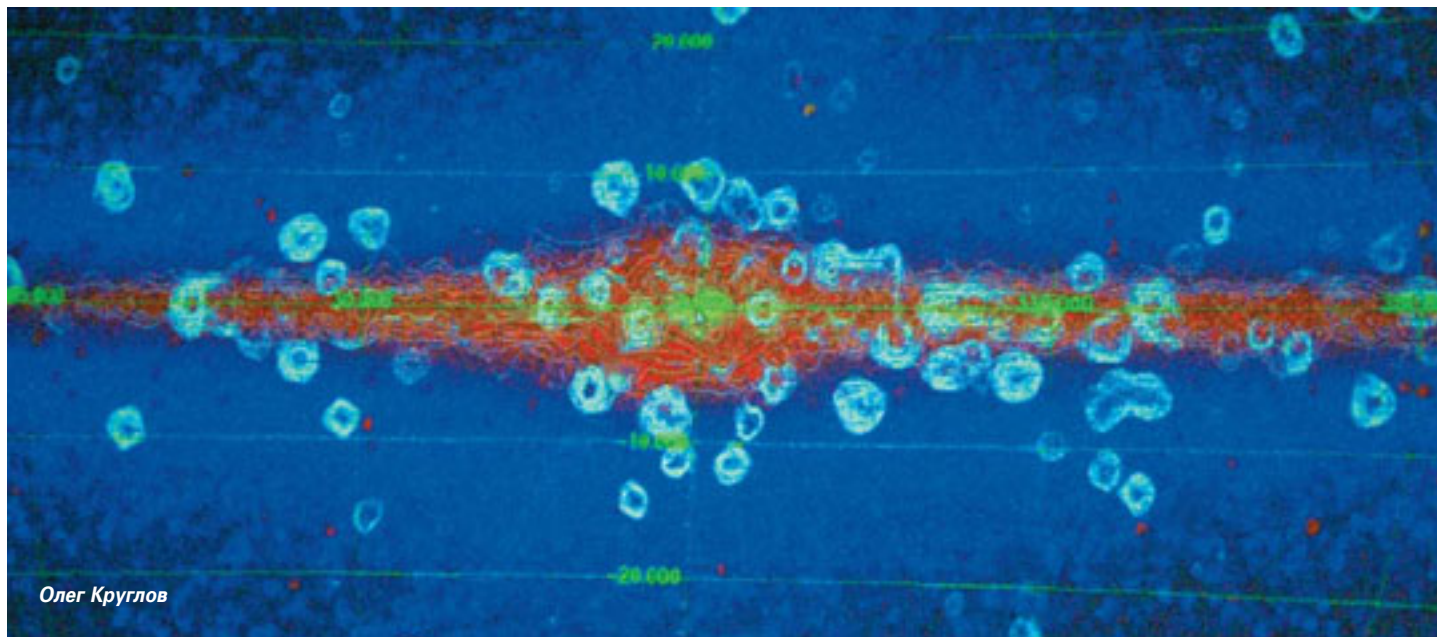


# КОСМИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ - РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



Олег Круглов

**В** Институте космических исследований Российской академии наук 3-4 октября 2006 г. состоялись Дни космической науки, посвященные 49-й годовщине запуска первого искусственного спутника Земли. В ходе пресс-конференции и научной сессии руководители и ведущие специалисты основных российских институтов и научных организаций, занимающихся космическими исследованиями, рассказали о результатах и перспективных направлениях деятельности в интересах фундаментальных наук и прикладных разработок.

Так, работы Института космических исследований РАН, как ведущей организации в области исследования и использования космического пространства, включают: планетные и астрофизические исследования, солнечно-земную физику, технологии дистанционного зондирования Земли, специальное приборостроение, лабораторное оборудование, научно-образовательную деятельность.

Уходящий 2006 г. - первый год новой Федеральной космической программы (2006-2015 гг.). Наряду с подготовкой предусмотренных программой проектов, продолжались работы по анализу и интерпретации результатов ранее выполненных исследований и экспериментов, а также приём и обработка информации с космических аппаратов, работающих в настоящее время в космосе.

В частности, международная обсерватория ИНТЕГРАЛ (INTEGRAL) - совместный проект Европейского космического агентства (ESA), Федерального космического агентства России (Роскосмос) и Национального управления США по аэронавтике

*Вверху: карта Галактики в рентгеновском и микроволновом диапазонах длин волн (по данным обсерваторий COBE RXTE).*

и исследованию космического пространства (NASA), позволяет сквозь завесу пыли и газа, полностью поглощающую видимый свет, наблюдать самые удаленные области нашей Галактики.

Диапазон энергий, в котором работают основные приборы обсерватории - от нескольких килоэлектронвольт до 10 Мэв. Они позволяют выполнять сверхтонкую гамма-спектроскопию с одновременным мониторингом космических источников в рентгеновском и оптическом диапазонах.

Уже первые наблюдения российских учёных (а они имеют приоритетные права на использование четверти всего наблюдательного времени обсерватории), принесли много ярких научных результатов. В частности, построена детальная карта области центра нашей Галактики в гамма-лучах с чувствительностью, значительно превышающей результаты всех предшествующих исследований. При этом открыто более 40 новых источников жёсткого излучения, в том числе две ранее неизвестные популяции сильно поглощающих источников и быстрых транзиентов со временем жизни менее суток. Открыто также жёсткое рентгеновское излучение от галактического молекулярного облака, находящегося на расстоянии «всего» 300 световых лет от сверхмассивной «чёрной дыры» в центре нашей Галактики. Обнаружены новая популяция источников гамма-излучения, не доступных для наблюдения традиционными телескопами, и новый класс космических гамма-всплесков, светимость которых в тысячи раз ниже, чем у «стандартных» источников. Таким образом, Вселенная «более активна», чем считалось до сих пор.

Другим важным достижением астрофизиков ИКИ РАН стало обнаружение источника фонового рентгеновского излучения нашей Галактики, которую мы видим с Земли прак-

тически «с торца». Это излучение было открыто в 1970-х годах. Оно равномерно распределено в плоскости Галактики в так называемом Млечном пути и центральной области. Не было, однако, ясно, что порождает это излучение. Согласно выводам российских учёных, Млечный путь «населён» рентгеновскими источниками гораздо более плотно, нежели предполагалось ранее, примерно в 100 раз. Основная их часть принадлежит аккрецирующим белым карликам и обыкновенным звёздам из двойных систем. Именно они в результате сложения излучений множества единичных источников и формируют рентгеновский фон Млечного пути.

Продолжались работы по анализу информации с борта европейских межпланетных станций «Марс-Экспресс» и «Венера-Экспресс», на которых установлена аппаратура, созданная с непосредственным участием учёных ИКИ РАН. На КА «Венера-Экспресс» таких приборов четыре из семи. На КА «Марс-Экспресс» российские специалисты участвовали во всех семи приборах. Марсианская станция успешно работает на орбите вокруг Марса с января 2004 г. «Венера-Экспресс» была выведена на рабочую околовенерианскую орбиту в мае 2006 г.

На Марсе на высотах 90-100 км были обнаружены очень тонкие облака, подобные серебристым облакам в атмосфере Земли на высоте 80 км. Удивительно, что облака на Марсе наблюдаются при очень низкой плотности атмосферы и крайне низких температурах. Состоят они из кристалликов углекислого льда, а ядрами конденсации служат пылевые частицы размером в десятки доли микрон.

Станция «Венера-Экспресс» впервые позволила получить детальные изображения южного полярного вихря в атмосфере планеты (к своему удивлению, учёные обнару-

жили, что он двойной: чётко видны два «глаза» урагана) и одного из элементов динамики атмосферы, так называемого южного полярного диполя. В предыдущих миссиях, в частности, советской «Венеры-15», полярный диполь исследовался над северным полушарием. Теперь установлено, что подобное образование имеет место и в южной полярной области.

Одна из основных загадок атмосфер Марса, и Венеры - это проблема потери воды. На Марсе она обнаружена в виде подповерхностного льда. На Венере, вероятно, улетучилась в межпланетное пространство. Об этом свидетельствуют полученные с «Венеры-Экспресс» данные о соотношении содержания дейтерия к водороду в верхних слоях атмосферы планеты, превышающем в 150 раз аналогичный параметр для атмосферы Земли.

Первым научно-прикладным космическим аппаратом, запущенным в этом году в рамках ФКП, стал «Ресурс-ДК1». Это первый российский аппарат высокоточной и мультиспектральной съёмки с разрешением до 1 м, позволяющий транслировать информацию на Землю по радиоканалу в режиме реального времени. Нормальная производительность бортового съёмочного комплекса - порядка 450.000 км<sup>2</sup> в сутки, максимальная - более 700.000 км<sup>2</sup> в сутки. Изображения после тематической обработки становятся доступными как российским, так и зарубежным потребителям.

Технические решения, заложенные в конструкции космического аппарата, позволили обеспечить значительные резервы по массе, объёму и энергетике для установки на его борту дополнительной целевой аппаратуры для проведения попутных научных и прикладных исследований и экспериментов. Один из таких приборов получил название «Памела», другой - «Арина».

Международный проект RIM-PAMELA («Российско-итальянская миссия - полезная нагрузка для исследования антиматерии



«ИНТЕГРАЛ».

и материи и астрофизики лёгких ядер») - совместный проект Италии и России при участии учёных Швеции, США и Германии. Руководитель проекта с российской стороны - профессор Московского инженерно-физического института Аркадий Гальпер, соруководитель с итальянской стороны - профессор Римского университета «Тор Вергата» Пьерджорджо Пикоцца (Piergiorgio Picozza).

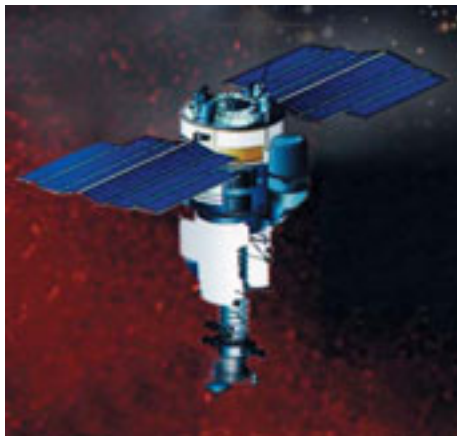
Прибор «Памела» состоит из прецизионного магнитного спектрометра с современными детекторами элементарных частиц, позволяющими регистрировать и измерять знак и величину электрического заряда, скорость, импульс, энергию, массу, направление и время прихода космической частицы.

Считается, что Вселенная состоит на 25% из так называемой тёмной материи (или скрытой массы) и 70% тёмной энергии - энергии космического вакуума, направленной против гравитационных сил притяжения и обеспечивающей бесконечное расширение Вселенной.

За три года непрерывных наблюдений предполагается зарегистрировать порядка 10.000 антипротонов и 100.000 позитронов. Предполагается, что этого будет достаточно для выделения эффекта от аннигиляции - превращения частицы и античастицы при столкновении в другие очень массивные и слабо взаимодействующие, так называемые «вимпы» (WIMP), кото-



Во время пресс-конференции. Слева направо: А.Т.Базилевский (Институт ГЕОХИ), Ю.Д.Котов (Институт астрофизики МИФИ), Л.А.Горшков (РКК «Энергия»), Л.М.Зелёный (ИКИ РАН), Н.С.Кардашев (Астрокосмический центр ФИАН), А.М.Гальпер (Институт космофизики МИФИ), О.И.Кораблев (ИКИ РАН).



«Ресурс-ДК1».

рые, по мнению учёных, и образуют тёмную материю во Вселенной. Более того, в ходе эксперимента, возможно, удастся определить их массу.

Цель эксперимента «Арина» (разработан в Институте космической физики МИФИ) - отработка метода оперативного прогноза землетрясений космическими средствами. В основе метода - регистрация в околоземном пространстве всплесков высокоэнергичных заряженных частиц, которые проявляются за несколько часов до предстоящего землетрясения и, таким образом, могут рассматриваться как его краткосрочные предвестники.

За три года непрерывных измерений предполагается зарегистрировать порядка 100 таких «сейсмических» энергетических всплесков. Измерение их эволюции и временных профилей позволит определять местоположение эпицентра предстоящего землетрясения.

Первым научным запуском в 2007 г., по-видимому, станет выведение на орбиту космического аппарата для наблюдений Солнца «Коронас-Фотон» (головная организация - Институт астрофизики МИФИ, научный руководитель Юрий Котов).

Новый научный спутник предназначен для исследований процессов накопления и трансформации энергии, а также изучения механизмов ускорения, распространения и взаимодействия энергичных частиц в Солнце и корреляции солнечной активности с физико-химическими процессами в верхних слоях атмосферы Земли.

«Коронас-Фотон» - составная часть одноименной программы КОРОНАС (Комплексные Орбитальные Наблюдения Активности Солнца), в рамках которой уже реализованы проекты «Коронас-И» и «Коронас-Ф». Запуск нового спутника станет их продолжением. Проект «Коронас-Фотон» входит также в международную программу «Жизнь со звездой». Как и два предыдущих аппарата, его планируют вывести на круговую орбиту высотой 550 км и наклоном 82,5°.

В настоящее время завершаются комплексные испытания научной аппаратуры КА, включая индийские и украинские инструменты. Параллельно в Научно-исследовательском институте электромеханики (г. Ис-

тра Московской обл.) ведётся сборка самой платформы спутника, которая формируется на базе КА «Метеор-3».

На 2007 г. запланирован и запуск астрофизической обсерватории «Радиоастрон» с мощным научно-информационным комплексом и раскрывающейся в космосе 12-метровой параболической антенной. Синхронно с космическим телескопом будет работать глобальная сеть наземных инструментов. По своей разрешающей способности такие совместно работающие наземно-космические системы (их называют радиоинтерферометры) эквивалентны радиотелескопу с диаметром антенны, равным расстоянию между наземными и космическими инструментами. При высоте орбиты «Радиоастрона» в 350.000 км разрешающая способность радиоинтерферометра составит сотни тысяч доли угловой секунды.

Основная идея радиоинтерферометра в том, чтобы детально рассмотреть самые компактные радиоисточники во Вселенной: квазары, активные ядра галактик, окрестности «чёрных дыр», источники лазерного типа. Эти объекты находятся от Земли так далеко, что различить их структуру с помощью использовавшихся до сих пор инструментов невозможно. Пока удастся зарегистрировать



«Коронас-Фотон».



«Радиоастрон».

от них только интегральный поток. Требуются средства с гораздо большей разрешающей способностью, каковым и станет радиоинтерферометр, включающий космический сегмент.

Высокое разрешение даст возможность более точно измерять различные гравитационные эффекты, а значит, попытаться исследовать скрытую массу во Вселенной по её воздействию на наблюдаемые объекты. Можно будет проследить и за источниками излучения, движущимися со «сверхсветовой», с точки зрения земного наблюдателя, скоростью.

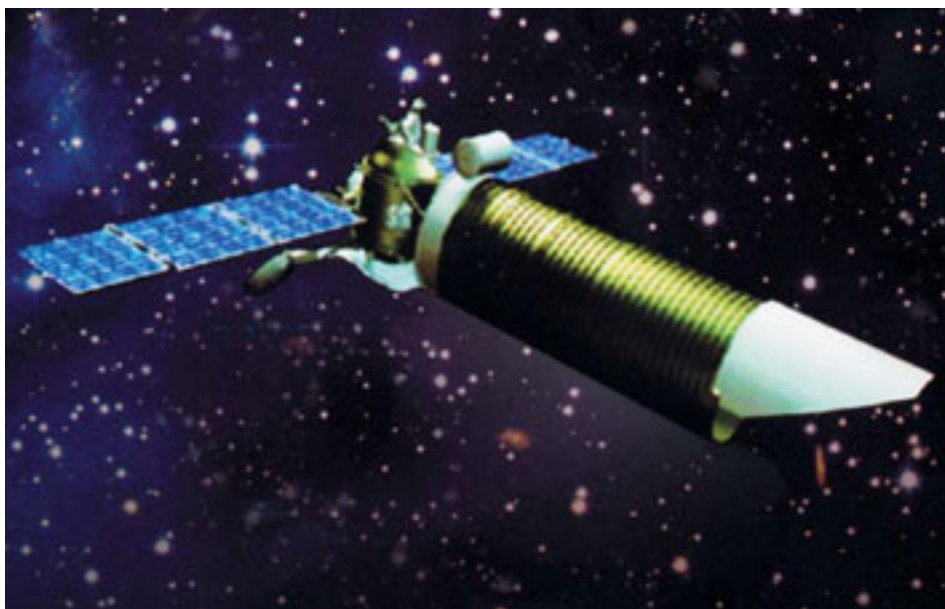
Сильно вытянутая орбита «Радиоастрона» идеально подходит для почти непрерывного мониторинга параметров межпланетной среды на больших удалениях от Земли: плазмы солнечного ветра, магнитного поля и потоков заряженных частиц, причём с очень высоким временным разрешением, что важно для изучения и предсказания «космической погоды». С этой целью учёные ИКИ РАН предложили дополнить проект «Радиоастрон» (головным по которому является Астрокосмический центр Физического института РАН) магнитоплазменным экспериментом «Плазма-Ф».

В астрофизических исследованиях следующим после «Радиоастрона» проектом станет выведение на орбиту внеатмосферной обсерватории «Спектр-УФТ» для наблюдений в ультрафиолетовом диапазоне электромагнитного спектра. Российский телескоп будет способен наблюдать космические тела с излучением в 20 раз более слабым, чем наблюдаемые самым мощным на сегодняшний день американским телескопом «Хаббл». Но он должен прекратить работу в ближайшие пару лет, а новую УФ-обсерваторию США намерены вывести на орбиту не ранее 2020 г. Другие страны вообще не планируют запуск крупных кос-

мических телескопов, работающих в УФ-диапазоне.

Запуск российского «Спектра-УФТ» запланирован на 2010 г., что позволит закрыть грядущее «тёмное десятилетие в УФ-астрономии». Причём в отличие от «Хаббла», который работает на околоземной орбите, из-за чего не может использоваться до 50% его наблюдательного времени, «Спектр-УФТ» планируют вывести на очень вытянутую орбиту - с апогеем 300.000 км, либо, что ещё предпочтительнее, в окрестности так называемой точки либрации в системе «Солнце-Земля» на расстояние около 1,5 млн км от нашей планеты. Размещение там обсерватории позволит минимизировать мешающее наблюдениям влияние Земли и Луны.

Определилась и окончательная судьба разработывавшегося с начала 1990-х годов проекта «Спектр-Рентген-Гамма». Для исследований в рентгеновском диапазоне Роскосмос и ESA приняли решение скоординировать свои космические программы. В итоге проект «Спектр-РГ» преобразовался в российско-европейскую программу «Спектр-РГ/eROSITA/Lobster», реализация которой впервые позволит выполнить обзор всего неба в широком диапазоне энергий при помощи рентгеновских телескопов. Ожидается, что в ходе обзора будет обнаружена скрытая популяция из более 100.000 сверхмассивных «чёрных дыр». Будут также регулярно (каждые полтора часа) выполняться наблюдения с целью изучения переменности рентгеновских источников. После обзора всего неба планируется выполнить глубокие обзоры с более высокой чувствительностью отдельных участков в направлении галактических полюсов. При этом, по предварительным оценкам, удастся обнаружить порядка 50.000 неизвестных галактик и провести дальнейшие исследования некоторых из них на предмет изучения природы тёмного вещества и тёмной энергии, что считается, как уже отмечалось выше, наиболее важной фундаментальной проблемой современной науки.



«Спектр-УФТ».

Рассматривается возможность реализации для обсерватории идеальной (по условиям минимальной фоновой радиации) экваториальной орбиты высотой 580-600 км, то есть ниже радиационных поясов Земли. Околоземная экваториальная орбита российской-европейской обсерватории обеспечит фоновые условия для наблюдений на порядок лучшие, чем у работающих сегодня в космосе рентгеновских телескопов Chandra и XMM-Newton. Это позволит выполнить детальные наблюдения протяжённых астрофизических объектов с низкой поверхностной яркостью, например, близких скоплений галактик. Такая орбита может быть реализована при запуске обсерватории с космодрома Куру во французской Гвиане РН «Союз-2». Выведение обсерватории на орбиту запланировано на 2012 г. Программа наблюдений рассчитана на 5 лет, из которых 2,5 года будет выполняться обзор всего неба, в остальное время - глубокие обзоры отдельных участков неба.

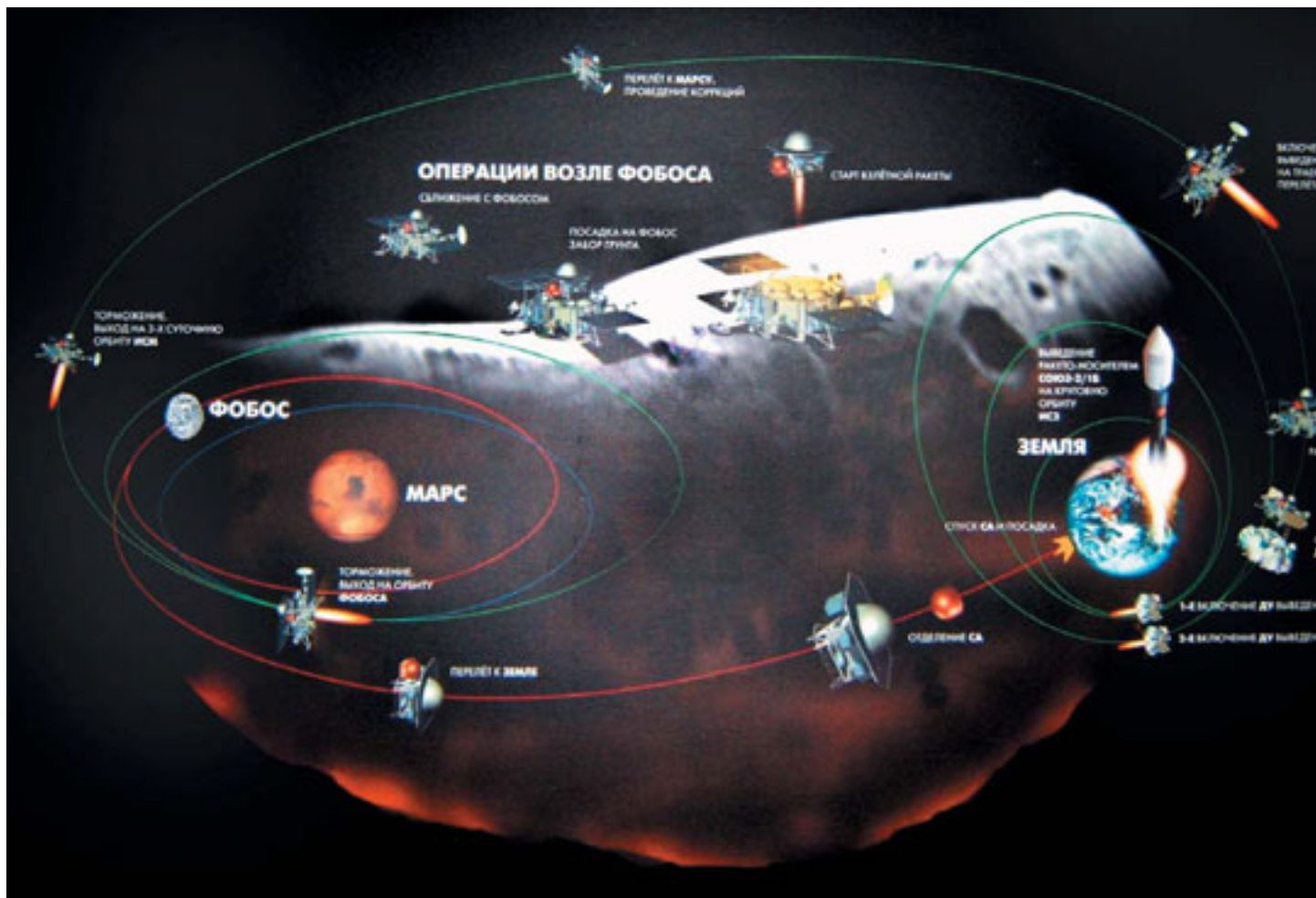
Все три обсерватории - «Радиоастрон», «Спектр-УФТ», «Спектр-РГ/eROSITA/Lobster» реализуются на базе новой космической платформы «Навигатор», которая создаётся в НПО им. Лавочкина.

В 2007 г. будут продолжены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по проектам, запланированным к реализации на ближайшие годы.

На планетном направлении исследований это, прежде всего, проект «Фобос-Грунт». Он предусматривает перелёт КА к Марсу, посадку на марсианский спутник Фобос, взятие там образца грунта и его доставку на Землю. На Фобосе останется долгоживущая станция, которая продолжит изучение марсианского спутника, мониторинг климата самого Марса и исследования околомарсианского космического пространства. Надо сказать, что именно «малые жители» Солнечной системы, к каковым относятся и марсианские спутники - предмет особого интереса учёных. Дело в том, что все планеты за время своего существования претерпели значи-



«Спектр-РГ».



Проект «Фобос-Грунт».

тельные изменения под влиянием внешних и внутренних факторов, в частности, вулканизма. В результате, слагающее их вещество коренным образом отличается от «первородного». Иное дело кометы, астероиды, марсианские спутники. Небольшой их размер исключает внутренний разогрев и тектоническую активность, поэтому и сегодня они, по-видимому, состоят из того исходного первичного материала протопланетного облака, из которого образовались все тела Солнечной системы, в том числе и Земля.

Следует заметить, что с самых первых отечественных миссий к Марсу вблизи него проводились плазменные измерения, и практически все имеющиеся на сегодняшний день сведения в этой области исследований получены советскими (российскими) учёными. При этом, однако, остаётся пробел в вопросе взаимодействия солнечного ветра с плазменным окружением Марса, не похожего на то, что происходит около Земли (планеты с достаточно сильным магнитным полем) или Венеры (без такового). Закрывать этот пробел поможет реализация проекта «Фобос-Грунт».

Программу исследований для новой межпланетной миссии готовят учёные ИКИ РАН с участием других организаций. Космический аппарат разработан в НПО им. Лавочкина. Наземное изучение образцов грунта планируется в Институте геохимии и аналитической химии РАН.

Опыт, накопленный в ходе реализации проекта «Фобос-Грунт», позволит перейти к подготовке

следующего этапа планетных исследований - доставке на Землю марсианского грунта, поиска на Марсе воды, биосоединений, а также проведения рекогносцировки для последующих пилотируемых миссий. В 2009-2011 гг. планируется десантировать на поверхность Марса несколько малых научных станций.

В НПО им. Лавочкина выполнен большой объём работ по созданию научно-технического задела для осуществления в будущем новых межпланетных экспедиций. Проведены предпроектные проработки по космическому комплексу для исследований спутников планет-гигантов; разработан проектный облик КА «Астероид-Грунт». В его основе - проектно-конструкторский задел по комплексу «Фобос-Грунт». В свою очередь, на базе КА «Астероид-Грунт» спроектирован аппарат «Комета-Грунт».

В стадии обсуждения в настоящее время - такие планетные проекты, как создание посадочного модуля для десантирования на поверхность Меркурия и разработка долгоживущей напланетной станции «Венера-Д».

Нынешний этап лунной программы принципиально отличается от предшествующего периода тем, что работы будут носить в большей степени прикладной характер. Это связано, в частности, с возможным использованием Луны как промежуточной базы в освоении Марса.

Для изучения Луны ФКП запланирован проект «Луна-Глоб», предложенный ГЕОХИ



«Луна-Глоб».

РАН. Главной целью экспедиции станет изучение внутреннего строения Луны, поиск воды в «холодной ловушке» на лунном полюсе, а также наличия у Луны ядра и определение его размера.

Важное место в программе российских космических исследований в интересах фундаментальной науки занимает изучение физики космической плазмы и солнечно-земных связей. Уникальный экспериментальный материал был, в частности, получен в ходе выполнения в 1990-х годах многоспутникового проекта «Интербол».

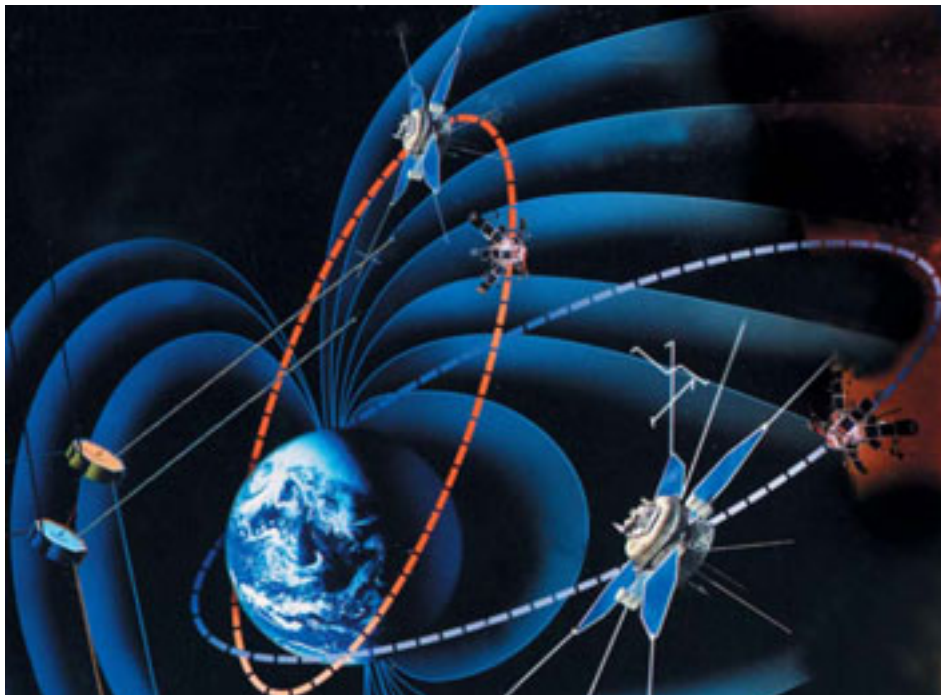
Система из двух основных аппаратов и двух субспутников позволила одновременно детально исследовать процессы в различных областях земной магнитосферы и разделить пространственные и временные вариации измеряемых параметров. Учёные стали лучше понимать природу причинно-следственных связей этих процессов, что помогает в разработке основ «космической погоды» - вариаций параметров космической среды в зависимости от солнечной активности. Полученные результаты оказали существенное влияние на представления о физике магнитосфер больших планет, а также на теорию процессов в далёких астрофизических объектах.

Исследования по физике космической плазмы будут продолжены в новом проекте «Резонанс». Инициаторы проекта - ИКИ РАН и Институт прикладной физики РАН. Ведущая организация от промышленности - НПО им. Лавочкина. Одной из ключевых задач «Резонанса» станет изучение магнитосферных циклотронных мазеров, которые играют важную роль в магнитосферах как Земли, так и других планет, обладающих магнитным полем. Мазерными механизмами определяется и целый ряд процессов на Солнце и звёздах. Но земная магнитосфера относительно близка к нам и поэтому здесь можно выполнить достаточно полные и подробные измерения, а затем использовать полученные результаты для интерпретации наблюдений удалённых астрофизических объектов.

Задачи, поставленные в проекте «Резонанс», важны не только для фундаментальной науки (физики плазмы, радиофизики, геофизики), но могут быть использованы для решения таких прикладных задач, как количественная оценка поведения энергичных частиц в радиационных поясах Земли и прогноз их состояния, а также динамики магнитных возмущений, ощутимо влияющих на жизнедеятельность людей.

Для обеспечения одновременных измерений в различных местах одной и той же магнитной силовой трубки будет создана система из двух спутников на разных орбитах. Оба аппарата планируется вывести в космос в одном запуске РН «Союз-2». Запуск спутников проекта «Резонанс» намечен на 2012 г. Время их активного существования должно составить не менее 5 лет.

С участием ИКИ РАН подготовлена и достаточно обширная программа исследований



Проект «Резонанс».

на Международной космической станции в 2007-2009 гг. и позже. В их числе - несколько экспериментов по изучению плазменно-волновых процессов взаимодействия сверхбольших космических аппаратов с ионосферой, экологический мониторинг низкочастотных электромагнитных излучений антропогенного характера и связанных с глобальными природными катаклизмами. Одна из основных задач этих исследований - селекция потоков энергии, поступающих в ионосферу «снизу», на фоне «воздействия сверху». Одновременно с наблюдениями с борта МКС мониторинг окружающей космической среды будет выполняться «электромагнитно-чистыми» микроспутниками «Чибис» (разработки ИКИ РАН), интегрированными в структуру МКС.

Задача ещё одного эксперимента - отработка методики определения содержания углекислого газа и метана в атмосфере Земли. До сих пор подобные исследования с борта космических аппаратов не проводились. Космический мониторинг даст возможность разделить вклады человеческой деятельности и природных процессов (извержения вулканов, лесные пожары и пр.) в парниковый эффект.

С 2006 г. в России ведутся работы над эскизным проектом «Пилотируемая экспедиция на Марс». В обеспечение реализации такой экспедиции в 2007 г. будет продолжена проектно-конструкторская разработка ключевых элементов энергодвигательного комплекса и космической платформы. Проведенные исследования выявили важное обстоятельство: сроки и затраты на реализацию экспедиции в основном определяются типом электродвигательного комплекса. В качестве базовой предварительно выбрана солнечная энергоустановка с тонкопленочными батареями, а перспективной рассматривается применение

(по мере готовности) модульной ядерной энергоустановки.

Межпланетный экспедиционный комплекс создаётся для проведения, на первом этапе, пяти экспедиций с использованием одного и того же межпланетного орбитального корабля и солнечного буксира многократного использования. Цель этих экспедиций - выбор и подготовка места для создания обитаемой марсианской базы. По разным прогнозам, пилотируемая экспедиция на Марс может состояться к 2020-2030 гг.

Многие в прошлом чисто научные разработки используются для создания космической и наземной аппаратуры прикладного назначения. Такой подход создаёт долгосрочную перспективу развития космической науки и техники в России, даёт возможность нашей стране внести достойный вклад в познание окружающего нас космического пространства и нашего места в нём, активно участвовать в мировом техническом прогрессе.

АКО



«Чибис».