Франция в космосе

В марте мы простились с гордостью нашей космонавтики - орбитальной станцией “Мир”. Но не прекращаются дискуссии о месте России в будущих исследованиях Земли и остальных планет, Солнца и других объектов Вселенной с помощью космических аппаратов. Насколько широки и разнообразны планы мирового научного сообщества в этой области, можно судить по материалам 33-й Научной ассамблеи международной организации COSPAR (Committee for Space Research - Комитет по исследованию космоса). Достижения и перспективы американской астронавтики общеизвестны и разрекламированы. А как обстоят дела во Франции - второй (если не считать Россию) после США космической державе в мире, имеющей собственные космодром и ракеты-носители? В отчете на ассамблее французы подробно проинформировали о космической деятельности своей страны за последнее время и о ее намерениях на ближайшие годы (The French Scientific Space Program. Report to COSPAR at 33rd Scientific Assembly. Warsaw, July 2000.). Предлагаем вашему вниманию краткий обзор этого отчета.

Свою насыщенную программу исследований франзузские ученые нацеливают на:

более глубокое понимание законов физики, в особенности роли сил гравитации в соотношении с другими формами фундаментальных взаимодействий;

познание эволюции Вселенной (зарождения галактик и звезд, их динамики, образования планетных систем);

поиск планет за пределами Солнечной системы;

изучение Солнца и гелиосферы, магнитосферы Земли и ее конфигурации, солнечно-земных связей;

исследование планет и малых тел нашей системы;

экзобиологические наблюдения с конечной задачей выяснить, при каких обстоятельствах возникла жизнь на Земле и может ли она существовать на иных планетах.

По этим направлениям Франция и работает самостоятельно, и активно участвует в мероприятиях ESA (European Space Agency - Европейское космическое агентство) и NASA (National Aeronautic and Space Administration - Национальный комитет по аэронавтике и исследованию космического пространства США).

На передних рубежах астрофизики

Одна из самых захватывающих задач астрофизики - напрямую зарегистрировать гравитационные волны, предсказанные еще А.Эйнштейном, о реальности которых мы пока судим лишь по косвенным признакам. Общеевропейский проект “Lisa”, задуманный для ее решения, предполагает запустить на гелиоцентрическую орбиту три спутника. Они сложат равносторонний треугольник со стороной 5·106 км, летящий вслед за Землей, отставая от нее на 20 сут, и образуют огромный гравитационный интерферометр, который займется поиском волн в полосе частот 10–4-10-1 Гц (спутники будут оптически связаны друг с другом, а контролироваться будет разность фаз у сигналов, прошедших разными путями). Наряду со специалистами из других стран в этом проекте заняты и французские ученые.

Эффекты общей теории относительности призван наблюдать и проект ACES (Atomic Clock Ensemble in Space - Комплект атомных часов в космосе). В нем намечается использовать новые методы лазерного “охлаждения” атомов в условиях микрогравитации (на спутнике) для высокоточного измерения времени атомными часами. Ожидается, что по сравнению с аналогичными часами, работающими в земных условиях в Парижской обсерватории, удастся выиграть в точности на порядок величины. Главными участниками эксперимента станут Парижская обсерватория, Лаборатория атомных часов в Орсе, Национальное метрологическое бюро в Париже, Обсерватория Лазурного берега, а также Невшательская обсерватория (Швейцария). Приборы будут размещены на борту ISS (International Space Station - Международная космическая станция), которая, как известно, уже строится на орбите.

Заметную роль играют французы и в международном проекте AMS (Alpha-Magnetic Spectrometer - Альфа-магнитный спектрометр), направленном на непосредственный поиск антиматерии в космосе (*Галактионов Ю.В., Тинг С., Черноплеков Н.А.* Поиски антивещества в космосе: эксперимент АМС // Природа. 1999. №12. С.3-11).

Французским в основном является проект “Microscope”, призванный проверить важнейшее положение теории гравитации - принцип эквивалентности гравитационной и инертной масс, согласно которому все тела независимо от массы приобретают в данном поле тяготения одинаковое ускорение. Соответствующий спутник с двумя дифференциальными акселерометрами должен быть запущен в 2004 г., а дальнейшим шагом в плане повышения точности измерений станет реализация проекта STEP (Satellite Test for the Equivalence Principle - Спутниковая проверка принципа эквивалентности), рассматриваемого ныне в NASA и ESA.

Микроспутник “Microscope” в будущем полете.   
Масса спутника - менее 120 кг, размеры - 806080 см3.



Основную информацию о Вселенной мы черпаем из данных по электромагнитному излучению. И тут французские исследования охватывают всю шкалу его частот.

Прямая регистрация ядерных реакций, в ходе которых во Вселенной образуются элементы, будут проводиться на аппарате INTEGRAL (International Gamma-Ray Astrophysics Laboratory - Международная астрофизическая лаборатория по измерению гамма-излучения) (запуск предположительно в апреле 2002 г.), в рамках общеевропейской программы “Horizon-2000”. Для исследования гамма-излучения в нашей Галактике и за ее пределами, несущего информацию о таких реакциях, Франция изготовит специальный спектрометр и изображающую систему. В рамках этой программы уже ведется регистрация рентгеновского излучения разнообразных источников - от молодых звезд до активных ядер удаленных галактик. Работу выполняет французская рентгеновская камера EPIC (European Photon Image Camera - Европейская фотонная камера) на борту запущенного NASA спутника “Newton”.

Большой объем информации о межзвездном пространстве и процессах ядерного синтеза получен при помощи французского спектрометра с очень высоким разрешением в дальнем ультрафиолете на космической лаборатории “Fuse” (запущена NASA в 1999 г.). Однако реликтового дейтерия пока обнаружить не удалось.

Новая программа дальнейшего исследования ультрафиолетового излучения “Galex” поможет лучше понять процессы образования звезд и в нашей Галактике, и вне ее. Значительная часть оборудования - из Франции.

По результатам успешно завершенной программы HIPPARCOS (High Precision Parallax and Coordinate Satellite - Спутник для высокоточного измерения параллаксов и координат) (Гончаров Г.А. Тени звезд // Природа. 1999. №5. С.35-41) с французским участием создан астрономический каталог, охватывающий 118 тыс. звездных объектов и указывающий их координаты с рекордной точностью до 0.001’.

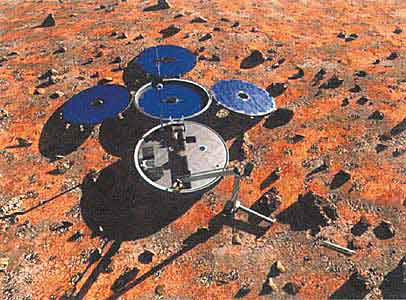
В 1998 г. закончила свою работу Инфракрасная спутниковая обсерватория ISO (Infrared Satellite Observatory), накопив (с участием Франции) большой объем данных об излучении различных небесных объектов - от планет и комет до сверхъярких в этом диапазоне галактик.

А в 1999 г. с космодрома NASA был запущен спутник по французскому проекту PRONAOS (Progamme Nationale d’Observation SubmillimeЂtrique - Национальная программа наблюдений в субмиллиметровом диапазоне). С его помощью исследуются излучение холодных космических источников, физико-химические процессы в межзвездном пространстве: в межзвездных облаках и зонах, где рождаются звезды.

На очереди - новые исследования в далекой инфракрасной и субмиллиметровой областях спектра с космических аппаратов “First” и “Plank-Surveyor”, запуск которых в точку Лагранжа L2 ESA назначило на 2007 г.

В объективе - Солнечная система

Марс. Этот наш ближайший сосед привлекает к себе особое внимание ученых. После неудачи программы “Mars-96” ESA ускорило работы по проекту “Mars Express”. Теперь запуск аппарата назначен на 2003 г.; на его борту устанавливаются приборы того же типа, что и на предыдущем, плюс британский посадочный отсек “Beagle-2” (задача которого - поиск признаков жизни на Красной планете) и французская камера “Omega”, работающая в инфракрасной и видимой частях спектра (для изучения поверхности Марса и его атмосферы).

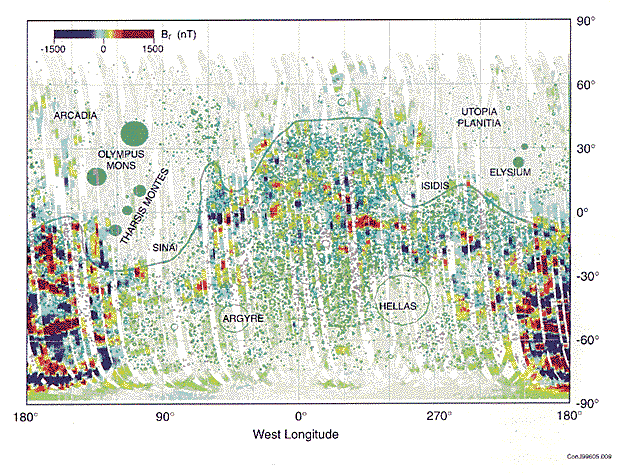


Зонд «Beagle-2», который будет доставлен на Марс аппаратом «Mars Express».   
В правом нижнем углу видна бурильная система   
и конец механической руки манипулятора.

В американской программе “Mars Global Surveyor” французские приборы измеряют магнитное и гравитационное поля Марса. К настоящему времени получены изображения с высоким разрешением и интересные данные по альтиметрии и гравиметрии.

Для восполнения потери аппаратов “Mars Climate Orbiter” и “Mars Polar Lander” предусматривается до 2003 г., используя “окна” наилучшей достижимости Марса, направить к нему еще один или два зонда с французскими гамма-спектрометрами нового поколения. На борту аппарата, предназначенного для посадки в районе полюса, будет малый французский марсоход “Marie Curie”. Он идентичен американскому “Sojourner”, погибшему в 1999 г., и будет отбирать образцы породы для их последующего (в 2008-2010 гг.) изучения на Земле. Запуск осуществится принадлежащей ESA ракетой “Ariane-5”. Исследование климатических условий на Марсе и его внутреннего строения будет проведено учеными Финляндии, Германии и Бельгии под руководством французских специалистов. Франция также отвечает за разработку микроспутников Марса массой по 200 кг каждый, которые будут использованы для связи с Землей или для научных наблюдений.

Распределение магнитного поля, окружающего Марс,   
полученное при помощи «Mars Global Surveyor».



Сатурн, Титан, Юпитер. Еще в октябре 1997 г. был запущен международный аппарат “Cassini-Huygens”, задача которого - исследование в течение четырех лет системы Сатурна, в особенности его гигантского спутника Титана, вполне сопоставимого по размеру с Марсом. Атмосфера Титана, как полагают, сходна с атмосферой Земли на ранней стадии ее эволюции. Окрестностей Сатурна аппарат достигнет в июне 2004 г. Планируется детальное изучение газовой оболочки спутника, его магнитосферы, для чего “Cassini”, находясь на орбите, сбросит над Титаном созданный европейскими специалистами зонд “Huygens”. Помимо прочего, предстоит проследить за химическими реакциями и выяснить, присутствуют ли там органические молекулы, аналогичные тем, что могли сыграть свою роль в создании предбиологической обстановки у нас на Земле. Восемь экспериментов из этой программы проводятся французской стороной.

Разработав инфракрасные камеры для изучения атмосферы Юпитера и поверхности его спутников, а также бортовые приборы, исследующие плазменные волны в юпитерианской магнитосфере, французы участвуют и в миссии “Galileo” к этой планете.

Кометы. ESA намерено в 2003 г. запустить аппарат “Rosetta” к комете Виртанена. Аппарат должен сопровождать ее на протяжении части орбиты, исследуя состав ядра, процессы на его поверхности и в хвосте по мере приближения к Солнцу. На комету опустится немецкий посадочный отсек, способный взять образцы пород с поверхности для анализа на месте. Франция участвует в разработке 10 приборов, а за два из них отвечает полностью. Предполагается, что “Rosetta” встретится с кометой в августе 2011 г. и в течение следующего года будет обращаться вокруг нее. В 2013 г. комета достигнет своего перигелия и эксперимент завершится.

Космическая плазма. ESA приняло нелегкое решение о замене погибших при запуске 1996 г. четырех спутников “Cluster” новыми. Цель - построить карты турбулентных течений в плазме некоторых важнейших областей околоземного пространства, чтобы с их помощью изучать явления разного характера и масштаба - от глобального солнечного ветра до локальных полярных сияний. Карты областей от нескольких сотен до 10 тыс. км будут привязаны к реальному времени, т.е. впервые предусматривается разделить переменные времени и пространства. Такой подход позволит проследить процессы переноса материи и энергии, которые определяют поведение этой чрезвычайно сложной системы. Запуск спутников “Cluster-2” уже осуществлен в 2000 г. при помощи двух российских ракет типа “Союз”.



Подготовка к запуску аппарата «Cluster-2» российскими ракетами «Союз».

Ранее информацию о таких процессах собирали космические аппараты и спутники “Viking”, “Arcad-3”, “Wind” и “Interball”; она передавалась в недавно созданный в Тулузе Центр по изучению физики плазмы. Туда же будут поступать и новые данные программы “Cluster”, а также проекта “Taranis” по изучению молниевых разрядов между вершинами облаков и ионосферой.

Кроме этого, Франция активно участвует в проекте NASA “Image”, в рамках которого спутник был запущен в марте 2000 г. (его задача - определение реакции магнитосферы Земли на флуктуации солнечного ветра), и в общеевропейском проекте “Ulysses” (цель которого - исследование радиоизлучений солнечного и планетарного происхождения и наблюдение за распространением частиц гелиосферы).

По пути развития жизни

Современные достижения генетики и молекулярной биологии расширили наше понимание живой материи и обрисовали новые возможности для изучения происхождения жизни, ее эволюции и распространенности во Вселенной.

В этой области во Франции по утвержденной пять лет назад национальной программе работают 15 научно-исследовательских учреждений, объединенных в специальную группу “Exobiologie”.

Экзобиология изучает самый начальный этап в длинной истории происхождения жизни, в котором выделяют три последовательных периода: “химический”, “информационный” и “протоклеточный”.

В химический период формировались первые молекулярные блоки (белки, нуклеотиды, липиды и т.д.). Сравнительные исследования с привлечением информации о других планетах и телах помогут уточнить, какие условия в то время существовали на молодой Земле (что из себя представляли атмосфера и гидросфера; какими были источники материи, содержащей углерод, источники энергии и пр.), а также проверить гипотезы, согласно которым предбиологические вещества были занесены на Землю извне метеорами или метеоритами.

В информационный период возникли молекулы, несущие в себе “жизненные сведения” и способные размножаться и эволюционировать. Здесь предлагаются различные физико-химические сценарии. Согласно одним, первыми появились аминокислоты, которые во влажных и сухих фазах могли полимеризоваться по-разному. В других - рассматривается гипотетический мир, который мог существовать до возникновения РНК, базируясь на молекулах, способных к автокатализу.

В протоклеточный период впервые появилось то, что уже можно назвать жизнью - объекты, заключенные в мембрану, которая изолирует их от окружающей среды (это так называемый последний общий предок всех форм жизни на нашей планете).

Вопрос, могли ли подобные процессы развиваться еще где-то, остается открытым. В Солнечной системе уже выделено несколько объектов, где могли существовать благоприятные для жизни условия, например Марс или спутник Юпитера - Европа.

Предстоит тщательное изучение образцов вещества, доставляемого с Марса, для чего разработана франко-американская программа MRS (Mars Sample Return - Возврат марсианских образцов). В рамках же программы “Exocam” будет создана камера, внутри которой воспроизводятся условия, характерные для Марса. В сложном устройстве SEMAPHORE (Simulation Experimentale et Modelisation AppliqueЂs aux Phenomenes Organiques dans l’Envirennement Cometaire - Экспериметальное моделирование органических процессов на кометах) можно будет изучать фотохимическую и термальную обстановку, существующую в ледяной и пылевой оболочках комет, где происходит разложение органических веществ.

Франция также участвует в разработке экспериментов в области органической химии, которые предполагается проводить на Титане в ходе уже упоминавшейся миссии “Cassini-Huygens”.

В более отдаленной перспективе - поиски примитивных форм жизни на открываемых сегодня одна за другой планетах вне Солнечной системы (ныне их уже около 50). Так, задуман европейский проект “Darwin”, предусматривающий объединение в космосе в инфракрасный интерферометр пяти близко расположенных телескопов. Система будет нацелена на интересующее нас небесное тело, на котором будут искать следы присутствия воды, диоксида углерода и озона - признаков наличия кислорода, который мог являться продуктом фотосинтеза. Под эгидой Медонской обсерватории около Парижа недавно прошел симпозиум по экзобиологии, посвященный этой проблеме.

Среди уже осуществленных космических мероприятий следует отметить франко-российскую миссию “Perseus”, выполнявшуюся на станции “Мир” с февраля по конец августа 1999 г. На станции и вне ее были проведены эксперименты “Exobiologie” и “Comet” по изучению возможности “доставки” аминокислот на метеорных частицах. Российский же спутник “Фотон-12” был использован европейскими (в том числе французскими) специалистами в 1999 г. для проведения эксперимента “Stone” в рамках программы “Emir-2”. Возвращаемый спутник имитировал процессы, сопровождающие вторжение в земную атмосферу метеора марсианского происхождения.

Взгляд на Землю из космоса

Занимаясь фундаментальными исследованиями с использованием сложнейшего оборудования, французские ученые не забывают и о наших земных проблемах. В изучении процессов на Земле с привлечением космических технологий Франция тоже в первых рядах. Особое внимание уделяется программе “Global Change” (“Глобальные изменения”), входящей составной частью в международные программы “World Climate Research Program (“Программа по исследованию всемирного климата”) и “Geosphere-Biosphere Project” (“Геосферно-биосферный проект”). Американо-французская миссия “Topex-Poseidon” из этой серии преследует цель построить детальную карту высот суши и океанов Земли. Такие карты необходимы для изучения циркуляции Мирового океана, чему посвящен специальный проект WOCE (World Ocean Circulation Experiment). Спутники ERS и “Topex-Poseidon” остаются и по сей день элементом программы WOCE, начатой еще в 1992 г. Ее дальнейшее развитие позволит регистрировать изменения в уровне моря, составляющие всего 1 см в масштабе целого океанического бассейна.

Уже удавалось заранее обнаруживать предвестники явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья в 1997-2000 гг. Измерения производились 50 тыс. раз в сутки, и полученные данные способствовали повышению точности математических моделей этих процессов, затрагивающих интересы практически всего мира. Продолжить подобные работы на той же орбите должна франко-американская миссия “Jason”, которая будет собирать данные не только об уровне моря, но и о циркуляции вод океана, скорости ветра и интенсивности волнения. Все это послужит началом создания системы GOOS (Global Ocean Observation System - Глобальной системы наблюдения за океаном), предложенной в Рио-де-Жанейро на Всемирной конференции по проблемам климата.



Мини-спутник «Jason» в будущем полете.

В сотрудничестве с NASA Национальный центр космических исследований Франции разработал миссию “Picasso-Cena” для изучения воздействия облачного покрова и аэрозолей на климат, чтобы улучшить долгосрочные прогнозы. В ней начиная с 2003-2004 гг. должны участвовать четыре спутника. Они войдут в программу GEWEX (Global Energy and Water Cycle Experiment - Эксперимент по изучению глобальной цикличности энергии и воды) - так называются франко-европейские исследования взаимодействия аэрозолей, облачности и солнечного излучения.

Индийская организация по изучению космоса скооперировалась с Францией в подготовке миссии “Megha-Tropiques”, также составляющей части программы GEWEX, задача которой - наблюдение цикличности влагооборота и энергетического баланса в тропиках, столь важных для климата всей планеты. Запуск должен состояться в 2006 г. В 2005 г. на орбиту выйдет микроспутник “Orages”, которому “поручается” наблюдать экваториальные конвекционные системы в атмосфере и их электроактивность.

Программа SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity - Влажность почв и соленость океана), в которой французы сотрудничают с испанцами, использует интерферометр-радиометр, позволяющий проводить в глобальном масштабе измерения на суше (влажности почв и растительности) с пространственным разрешением 60 км и на воде (солености морских вод) с разрешением 200 км. Запуск соответствующего спутника намечен тоже на 2005 г. А само изображение растительного покрова (в инфракрасных лучах, с повышенной разрешающей способностью - до 1 км - и учетом поправок на состояние атмосферы) регистрируется спутником “Spot-4”, запущенным в 1998 г. Он входит в систему “Vegetation”, которая финансируется как корпоративно - Европейским Союзом, так и порознь - Францией, Бельгией, Швецией и Италией. С марта 1999 г. информация от этой системы уже широко используется специалистами, в частности, для изучения углеродного цикла в природе и состояния растительности.

Упомянем также общеевропейскую программу “Eumetsat Metop”, предусматривающую запуск нескольких метеорологических спутников на полярную орбиту. Она включает эксперимент IASI (Infrared Atmospheric Sounding Instrument - Инфракрасный атмосферный зонд), в создание которого внесли свой вклад и французы. Профили температуры и влажности измеряются с точностью до 1° и 10% соответственно; вертикальная разрешающая способность инструмента достигает 1 км, что недоступно ни одному из существующих аналогов. Его применение поможет усовершенствовать прогноз погоды и изучать климатические процессы, а также измерять содержание озона, метана и оксида углерода, чья роль в создании парникового эффекта общеизвестна. Запуск первого из этих спутников намечен на 2003 г.

Для изучения процессов разрушения озона, взаимосвязи между химией и динамикой атмосферы используются не только космические системы, но и шары-зонды, самолеты-лаборатории. Гондолы, подвешенные к баллону, могут нести до 500 кг научных приборов в течение 60 сут в тропической зоне и до 22 сут - в Арктике. Недавно разработанные шары в состоянии работать на высотах с атмосферным давлением всего 70 и 50 гПа. Они будут применяться в ходе международной долгосрочной программы “Strateole”, которую предстоит проводить в Антарктиде. В рамках программы “Theseo” (1998-1999) французские специалисты запустили с полигона в Кируне (Швеция) более 30 шаров-зондов со своими приборами. Продолжением этой деятельности стал проект “Theseo-2000”, выполняемый совместно с NASA. В задачу входит изучение влияния Солнца на стратосферу, ее структуру и состав.

Возвращаясь к космическим спутникам, вспомним, что с 1991 г. на низкой околоземной орбите находится спутник UARS. На нем работает франко-канадский интерферометр “Wind-II”, при помощи которого строятся температурные профили стратосферы и мезосферы. Полученные данные очень ценны для совершенствования моделей плотности слоев атмосферы ниже 200 км, необходимых,например, для расчетов воздушного торможения космических платформ.

Еще одной французской миссией станет спутник “Picard”, названный в честь астронома Ж.Пикара, в XVII в. впервые определившего диаметр Солнца. Этот микроспутник готовится к запуску в середине 2003 г., когда солнечная активность достигнет очередного максимума. На нем монтируются приборы для точных измерений поперечника Солнца, скорости его вращения и солнечной постоянной, их вариаций и взаимосвязи, от чего в немалой степени зависит климат Земли.



Мини-спутник «Picard» в будущем полете.

По заданию геофизиков

В данных, получаемых из космического пространства, заинтересованы многие геофизические дисциплины, в особенности те, которые связаны с изучением магнитных полей, тяготения и с тектоникой.

Участвуя в исследовании магнитного поля нашей планеты, Франция предоставила магнитометр для использования на датском спутнике “O/rsted”, запущенном в феврале 1999 г. Полученные данные обрабатываются в Институте физики Земли (Париж), Центре исследования земной среды и иных планет (Сен-Мор-де-Фосс) и др.

О распределении гравитационного поля Земли стало возможным судить в основном лишь с 60-х годов, когда была создана сеть слежения за искусственными спутниками. Немаловажным шагом здесь стала разработка математических моделей поля тяготения Земли серии “Grim” - детища усилий французских и немецких специалистов. В ближайшие годы должны быть построены более совершенные модели на основе данных, получаемых со спутника “Champ”, который был запущен в мае 2000 г. с французским акселерометром “Star” на борту.

Ожидается, что миссия “Grace”, намеченная на 2001 г., даст возможность исследовать временныЂе вариации гравитационного поля в гигантских космических масштабах. Вслед за этим первый европейский спутник в рамках программы “Earth Explorer” поставит информацию рекордной точности об эквипотенциальных поверхностях гравитационного поля в малых космических масштабах.

Программа “Doris” собирает уникальные данные о вариациях положения центра земного шара, вертикальных движениях коры последнего в точках расположения измерителей приливов с точностью на уровне миллиметров. Программу реализуют на спутниках “Spot-2,3,4,5” и “Topex-Poseidon”, которые оснащены и французскими приборами. Эта программа настолько результативна, что Генеральная ассамблея Международного геодезического и геофизического союза приняла решение о создании уже международной службы IDS (International Doris Service). Для ее подготовки снова плодотворно работают французские ученые.

В области геотектоники космическая техника той же системы “Doris” с ее возможностями точного установления местоположения точек на поверхности планеты оказывает существеннейшую помощь, определяя и картируя движения земной коры. Так, специалисты из Группы исследований в области космической геодезии в Тулузе смогли определить нынешние скорости перемещения крупнейших плит коры.

Особые усилия прилагают ученые Франции для исследования космическими методами природных катастроф. В стране совместно со специалистами в области изучения природной среды и исследователями “твердого” тела планеты разработана так называемая миссия DEMETER (Detection of Electro-Magnetic Emission Transmitted from Earthquake Regions - Обнаружение электромагнитного излучения, поступающего из районов землетрясений). Ее научные цели - обнаружить и характеризовать электромагнитные сигналы, связанные с такими явлениями, как землетрясение, извержение вулкана, катастрофическая волна цунами и пр. Запуск спутника по этой программе будет осуществлен при помощи индийской ракеты в 2002 г.

Рассматривается и французское участие в других проектах изучения опасных природных явлений: SVO (Space Volcano Observatories - Космические вулканологические обсерватории), предполагающего запуск целого “роя” малых спутников для постоянного наблюдения за вулканами, грозящими извержениями, и IW (Interferrometric Wheel - Интерферометрическое колесо). В рамках последнего три принимающих спутника, летящих “строем”, будут работать совместно с передающим радарным спутником в целях высокоточного определения топографии Земли, что даст возможность увидеть предвестники опасных явлений (вздымание почвы, предшествующее извержению, изменение гидрофизической обстановки перед наводнением и т.д.).

Трудно охватить все аспекты космической деятельности французских ученых. Так, за рамками статьи остались обширные программы экспериментов в условиях микрогравитации. Они касаются материаловедения, процессов слипания космической пыли, воздействия космических условий на деятельность нервной, сердечно-сосудистой и других систем человека, живущего на орбитальной станции, и пр. Словом, на Францию, успешно сотрудничающую со многими странами в изучении космоса, можно и должно этим странам равняться. В том числе и России.