

К ЗНАНИЯМ МИРОВОГО УРОВНЯ

звёзды, которые находятся дальше и которые гораздо больше по размерам, чем наше Солнце. Крупный солнечный телескоп, оснащенный спектрографом высокого разрешения и спектрополяриметром, может служить уникальной платформой для выполнения в ночное время программ наблюдений в области солнечно-звездной физики.

Солнце надо слышать

Второй субпроект, который относится тоже к инструментам, с помощью которых решаются проблемы физики Солнца — это многоволновый радиогелиограф, или многоволновый солнечный радиотелескоп.

Наиболее динамичными, определяющими возмущение околоземного пространства, являются процессы в короне Солнца. Такие явления, как солнечные вспышки, выбросы корональной массы приводят к резкому увеличению потоков плазмы солнечного ветра, ускоренных частиц и жестких электромагнитных излучений в околоземном пространстве. В настоящее время известно, что источником энергии этих взрывных процессов является магнитное поле в атмосфере Солнца. Кроме того, в последнее время стало известно, что с выбросами корональной плазмы к Земле переносятся так называемые магнитные облака, направление магнитного поля в которых радикально влияет на геоэффективность возмущений солнечного ветра. Задача определения структуры магнитных полей в области формирования выброса корональной массы является ключевой как для понимания природы солнечной активности, так и для развития научных основ и методов прогноза космической погоды. Измерение корональных магнитных полей возможно практически только по излучению Солнца в радиодиапазоне, по анализу спектров и поляризации радиоизлучения. Наблюдения на радиогелиографе нового поколения позволят наряду с измерением магнитных полей получить качественно новую информацию и для решения ряда ключевых проблем солнечной активности.

Проект предполагает поэтапное создание по современным технологиям трёх антенных решёток, которые содержат сотни и тысячи отдельных элементов. Поэтому экономичнее использовать при строительстве антенную решётку нашего Сибирского солнечного радиотелескопа (ССРТ) в Бадарах и созданную для его обслуживания инфраструктуру. Важен и выбор места расположения нового радиотелескопа — вдали от источников радиопомех.

Планируемый радиотелескоп состоит из трёх отдельных антенных т-образных решёток с длиной луча примерно 1 км. Планируется создание решёток с частотой от 2 до 4 ГГц с сотней антенн диаметром 3 м каждая, на частоте 4—8 ГГц с двумястами антеннами диаметром 1,8 м, на частоте 8—24 ГГц с четырьмястами антеннами диаметром 1 м. Сигнал со всех антенн будет собираться в аппаратном зале с помощью оптоволоконных линий связи, при этом мы предполагаем, что будем получать одновременно не менее шести изображений Солнца на различных частотах.

Одна из основных задач — это мониторинг мощных протонных вспышек, поэтому с целью длительности непрерывных наблюдений в течение светового дня предполагается изготовление двух телескопов для обсерваторий, разнесенных по долготе. А поскольку на этих частотах поглощение сигналов приземного слоя атмосферы значительно, то мы планируем расположить телескопы на высокогорных обсерваториях на высоте около 2000 м. Один из телескопов будет расположен на нашей Саянской горной солнечной обсерватории, а другой — в Карачаево-Черкесской Республике в поселке Нижний Архыз, где расположен крупнейший телескоп РАТАН-600. Все эти инструменты должны работать как единый пространственно разнесенный инструмент.

Для воздействия на ионосферу и атмосферу

Третий субпроект предполагает создание «Радиофизического комплекса для исследования ионосферы и атмосферы». Это очень сложный комплекс, и по масштабам, и по техническому оснащению, и затраты здесь наибольшие. Радиофизический комплекс предназначен для управляемого воздействия на ионосферу и верхнюю атмосферу мощными радиоволнами. Верхняя атмосфера расположена на высотах от 80 до 1500 км и составляет одну из важнейших частей единой системы Солнце—Земля, играя ключевую роль в процессах взаимодействия ионизованной и нейтральной газовой оболочки Земли. Это та область, на которую воз-

действуют как процессы, происходящие на Солнце, так и процессы, происходящие внизу, начиная от уровня Земли и океана.

Радиофизический комплекс должен внести определяющий вклад в изучение этого взаимодействия. Важную роль в этих исследованиях будет играть мезосферно-стратосферно-тропосферный радар, позволяющий проводить измерения параметров атмосферы в интервале от 1 до 90 км. Это очень эффективный метод исследования. Он будет впервые реализован в нашей стране и позволит проводить изучение всех слоев атмосферы как единой системы.

Радар некогерентного рассеяния, разработанный с применением новейших технологий, позволит получать параметры околоземного космического пространства, начиная с нижних слоев ионосферы (100 км) и выше, включая высоты магнитосферы Земли (2000 км).

Надо учитывать, что все процессы, которые мы изучаем, носят глобальный, планетарный характер, и невозможно получить цельную картину того или иного явления, если вести наблюдения в одном месте. Для полных фундаментальных исследований важна картина в целом, поэтому все такие крупномасштабные исследования должны носить международный характер.

Результаты исследований ионосферы и верхней атмосферы на радиофизическом комплексе представляются важными для различных областей науки и технологии. Это космическая и наземная радиосвязь, радиолокация и радионавигация, космические аппараты и спутники, контроль околоземного космического пространства, включая проблему космического мусора.

Радиофизический комплекс имеет уникальное расположение, заполняя существенный пробел в долготной цепи геофизических центров США, Европы и Японии, поэтому его данные будут иметь важное значение для получения глобального распределения параметров ионосферы и атмосферы, что крайне необходимо для изучения планетарных явлений.

Иркутский регион характеризуется высокой сейсмической активностью, обеспечивающей необходимые условия для исследования атмосферного и ионосферного проявления этой активности. Именно в этом регионе в последние годы зарегистрировано много необычайно мощных возмущений в верхней атмосфере, в том числе и при умеренных геомагнитных бурях.

В результате выполнения предлагаемого субпроекта будет создан комплекс мирового уровня, который включает в себя основной кластер крупных установок, расположенный в пределах 200 км от Иркутска.

Отличительной и важной составляющей радиофизического комплекса является меридиональная цепь станций Норильск—Иркутск, в которую входят ионосонды вертикального зондирования, магнитометры, приемники для спутниковой радиотомографии, GPS-приемники, трасса наклонного зондирования Норильск—Иркутск.

Создание нагревного стенда вблизи Иркутска позволит эффективно задействовать весь комплекс солнечных, геомагнитных, ионосферных инструментов Института солнечно-земной физики. Антенная система нагревного стенда может быть создана на территории Иркутского областного радиотелевизионного передающего центра, который располагает обширными территориями, необходимыми энергетическими мощностями, квалифицированным персоналом.

В международной сети радаров

Четвертый субпроект — «Российский сегмент когерентных высокочастотных радаров международной сети СУПЕРДАРН».

Воздействие солнечного ветра на магнитосферу и ионосферу Земли — одна из центральных проблем солнечно-земной физики. Одним из наиболее эффективных инструментов для исследования этого является международная кооперативная система, которая представляет собой сеть высокочастотных коротковолновых радаров когерентного обратного рассеяния, радиолокационное поле которых покрывает полярные области в Северном и Южном полушариях.

В настоящее время имеется 10 радаров в Северном полушарии и 7 — в Южном. Девять стран — США, Канада, Великобритания, Франция, Италия, Япония, Австралия, ЮАР и Китай — активно проводят ионосферные исследования в полярных и субполярных широтах обоих полушарий и интенсивно развивают сеть радаров.

В ближайшие годы этими странами пла-



нируется развернуть три новых радара в Северном полушарии и по крайней мере четыре новых радара в Южном. Однако без участия России, территории которой охватывает значительный долготный сектор, оказывается невозможным восстанавливать систему конвекции ионосферной плазмы в Северном полушарии и прогнозировать развитие возмущений верхней атмосферы во время геомагнитных бурь.

Создание российского сегмента сети коротковолновых радаров позволит в полной мере реализовать возможности этой системы и обеспечить паритетное участие российских ученых в международной кооперации. Необходимо развернуть на территории России минимум четыре когерентных радара. Оптимальным является размещение двух радаров на полигоне Института космических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук, вблизи поселка Стекольный Магаданской области, одного радара — вблизи города Братска, и ещё одного — на полигоне Института геологии Уральского отделения вблизи поселка Арти Свердловской области. Этот выбор обсуждался на международном рабочем совещании и был одобрен.

В результате реализации данного проекта будет создана замкнутая система мониторинга полярной и субполярной ионосферы Северного полушария. Кроме того, область обзора братского и магаданского радаров совпадает с магнитосопряженной областью в Южном полушарии, находящейся в зоне обзора австралийских радаров, а местоположение радара в Арти близко к магнитосопряженной точке местоположения французского радара на острове Кергелен. Это открывает перспективу исследований в магнитосопряженных областях другого полушария.

Следует добавить, что, несмотря на отсутствие целевого финансирования на создание гелиогеофизического комплекса, Сибирское отделение РАН смогло выделить некоторую сумму денег, позволяющую нам заказать один из радаров, который уже доставлен на Урал, смонтирован и проходит тестовые испытания.

Лидарно-оптический комплекс

И, наконец, пятый субпроект — лидарно-оптический комплекс для исследования атмосферы и ионосферы. Верхняя атмосфера и ионосфера состоят из нейтрального газа и заряженных частиц, электронов и ионов. Плотность нейтральных частиц падает с высотой и, наоборот, с ростом высоты концентрация заряженных частиц возрастает. Для исследования нейтральной компоненты используются оптические методы. Дело в том, что верхняя атмосфера и ионосфера обладают собственным свечением, и поэтому для исследований применяются оптические приборы, такие как интерферометры Фабри—Перо, камеры всего неба, фотометры и спектрографы. Лидарно-оптические измерения относятся к активным методам исследования верхней атмосферы и ионосферы.

Работа лидара основана на излучении в атмосферу коротких световых импульсов, формировании сигналов в обратном направлении, и на основе этих отраженных сигналов оцениваются различные параметры атмосферы.

Такой комплекс предназначен для исследования профильных характеристик и физических параметров: температуры, плотности ветра, состава средней и верхней атмосферы, формируемых под воздействием природных процессов и антропогенного влияния.

Другой важной научной задачей исследований с помощью лидарно-оптического комплекса являются исследования изменений в области мезоплазмы, то есть в интервале высот от 80 до 100 км. Сейчас перед научным сообществом возникает очень интересный вопрос:

изменяется ли климат на высоте мезосферы? Если да, то как и почему это происходит? Другой важной проблемой является отклик ионосферы и атмосферы на сверхмощные магнитные бури, во время которых на средних широтах появляется полярное сияние.

В результате функционирования многоканального лидара будут накапливаться ряды данных о профилях температуры, плотности, скорости ветра в стратосфере, мезосфере и нижней термосфере, а также информация о вариациях озона в озоносфере и аэрозольных слоях, в стратосфере и мезосфере.

Местом размещения пассивных оптических инструментов, в том числе многоканального лидара, станет Байкальская астрофизическая обсерватория в поселке Листвянка Института солнечно-земной физики. В зависимости от тех или иных задач, вспомогательная аппаратура будет размещаться в других точках наблюдений.

Наука не может быть второго сорта!

Наше поколение создало обсерватории с уникальными инструментами. Мы долгое время были «законодателями мод» в нашем направлении исследований. Мы сами создали конструкторское бюро и даже мини-завод, где изготавливали аппаратуру, которая летала на спутниках. Но есть предел совершенствованию — то, что было сделано 30 лет назад, не отвечает требованиям науки сегодня! Но науки второго сорта не бывает! Либо это наука, либо её нет. Мегапроект как раз нацелен на то, чтобы вдохнуть в это направление новую жизнь, чтобы и пользу принести Отечеству, и дать российским ученым возможность внести достойный вклад в мировую сокровищницу знаний.

Наш проект получил всестороннюю поддержку — он поддержан президентом Российской академии наук Ю. С. Осиповым, главой Правительств Российской Федерации В. В. Путиным, вице-президентом Российской академии наук А. Л. Асеевым. Однако до сих пор остается открытым вопрос начала финансирования.

В. В. Путин как-то сказал: «Если за что берусь, то доведу до конца, или делаю так, чтобы дальше это двигалось эффективно». Я очень надеюсь, что своё обещание по поддержке проекта он осуществит. Ведь траты для России не так уж велики, по сравнению с другими известными научными проектами, а важность его очевидна. Думаю, что без создания современной экспериментальной базы в области физики Солнца и околоземного космического пространства, которая лежит в основе проекта, исчезнет целое научное направление в нашей стране, которое за рубежом в последние годы очень интенсивно развивается. И появились уже такие знакомые нам термины — область околоземного космического пространства, где функционируют геостационарные аппараты различного назначения, уже называется «зоной ограниченных природных ресурсов».

Какова роль России в экспансии околоземного космоса? Насколько интенсивно мы будем использовать это пространство в интересах развития экономики и безопасности страны? По-видимому, это будет определяться уровнем наших знаний о нем и их практическим использованием.

Г. Киселева, «НВС»

На снимках:

— большой солнечный внезатменный коронограф Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН;

— большой солнечный вакуумный телескоп Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН;

— Саянская солнечная обсерватория. На солнечном телескопе идёт запись Солнца;

— Сибирский солнечный радиотелескоп ИСЗФ СО РАН в предгорьях Восточного Саяна — уникальный инструмент уровня национальных проектов.

Фото В. Короткоручко