

ПОЛЕТ К СОЛНЦУ



И.С. ВЕСЕЛОВСКИЙ,

доктор физико-математических наук

Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына

Институт космических исследований РАН

К.Б. КАПОРЦЕВА,

магистр физических наук

Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына

DOI: 10.7868/S0044394819050037

В статье рассказывается о парадоксах в исследовании солнечного ветра и даются ответы на вопросы: почему дует солнечный ветер? зачем лететь к Солнцу? кому и зачем это нужно? почему корона Солнца горячее поверхности нашей звезды? На эти и другие вопросы должны ответить исследования внешней короны Солнца с помощью космической солнечной обсерватории “Паркер” (Parker Solar Probe – солнечный зонд Паркер), названной в честь американского астрофизика Юджина Паркера.

ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЦА

Зачем лететь ближе к Солнцу? Это необходимо, чтобы узнать, почему фотосфера нашего светила нагрета до 5778 К, тогда как температура короны достигает 1,5 млн К. В результате прямых исследований может быть рас-

крыта загадка этого парадокса, а также будут определены тонкие процессы, протекающие внутри Солнца и в его внешних слоях, механизм возникновения солнечного ветра и прогнозирования “космической погоды”.

Ни один твердый материал не выдержит температуру, которая есть внутри звезды. Модели Солнца говорят о том, что его температура быстро рас-



На картине "Падение Икара" великий нидерландский художник Питер Брейгель Старший (ок. 1558 г.) запечатлел в аллегорической форме легенду об Икаре – герой упал в море и тонет около корабля (справа внизу) после его неудачной попытки полететь к Солнцу. Королевский музей изящных искусств (Брюссель)

тет с глубиной, под видимой поверхностью фотосферы, и достигает в центре более 15 млн градусов. Даже приблизиться к нашему светилу очень трудно хотя бы на короткое время. Мечта об этом, дошедшая до нас в греческой легенде об Икаре и Дедале, жива. Все слышали об этой легенде и знают, как она заканчивается.

Наука и техника иногда могут творить чудеса и делать невозможное возможным, но это – не тот случай. Знаний о Солнце и много, и мало, в этом – главный парадокс. Нам не известны самые простые закономерности ближайшей к нам звезды: как и почему формируется магнитное поле Солнца? Чем обусловлен 11-летний цикл солнечной активности? Каков процесс формирования солнечных пятен и можно ли предсказать солнечную вспышку? Излишне говорить о большом практическом зна-

чении этих знаний – они необходимы всем землянам.

Для того, чтобы приблизиться к пониманию протекания процессов в зонах конвективной и лучистого переноса, ранее их исследовали с помощью немецко-американских космических солнечных обсерваторий "Гелиос-1" (1974–1985) и "Гелиос-2" (1976–1979), приблизившихся к Солнцу на расстояние 0,31–0,28 а.е. (46,37–42,73 млн км) соответственно. Начиная с 2008 г., NASA готовила более амбициозную программу полета космической солнечной обсерватории "Паркер" к Солнцу: 12 августа 2018 г. она стартовала с космодрома Канаверал с помощью самой мощной американской ракеты-носителя "Дельта-4" для осуществления долгожданной миссии. Научную координацию проекта осуществляет Лаборатория прикладной



*Старт ракеты-носителя "Дельта-4" с космической солнечной обсерваторией "Паркер".
12 августа 2018 г. Фото NASA*

физики Университета им. Дж. Хопкинса в Мериленде (США).

Задолго до этого события группа авторов из Ракетно-космической корпорации "Энергия" им. С.П. Королёва подала (31 апреля 1994 г.) и опубликовала (10 апреля 1997 г.) патентную заявку № 2076832 со следующей формулировкой изобретения: "Солнечный зонд, включающий передний теплозащитный экран в виде конуса; внутренние теплозащитные экраны-диафрагмы, размещенные перпендикулярно продольной оси аппарата; торцевую теплозащитную стенку с кольцом; приборную панель, смонтированную за теплозащитной стенкой (отличается тем, что в нее дополнительно "введен" радиационный экран в виде усечен-

ного обратного конуса, состоящего из отдельных секций, соединенных между собой и передним теплозащитным экраном с тепловыми трубами). Теплозащитные экраны-диафрагмы размещены внутри каждой секции обратного конуса в большем ее основании, при этом испарительный участок, где происходит испарение от каждой тепловой трубы, "проложен" на поверхности экрана-диафрагмы. Площадь радиационной поверхности каждой секции обратного конуса равна (или больше) площади экрана-диафрагмы этой же секции; торцевая теплозащитная стенка с кольцом связана термоизолирующим элементом – с торцом последней секции обратного конуса. Приборная панель выполнена в виде закрепленного

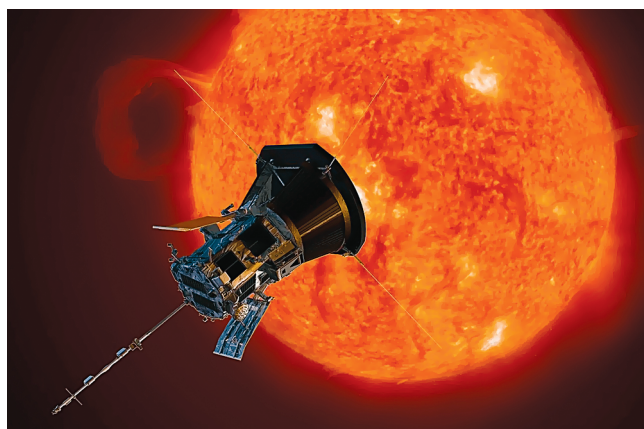
на кольце теплозащитной стенки, вдоль центральной оси аппарата плоского теплового аккумулятора”.

Описание этого патента с приложенными к нему четырьмя рисунками, пояснительной запиской и расчетной температурой на поверхности и внутри космического аппарата иначе как недоразумением и парадоксом трудно назвать. Это оказалось тем самым, что сделали в США и на что были затрачены немалые силы и средства.

Гораздо труднее понять тот факт, что в 585 г. до н.э. древнегреческий мудрец Фалес Милетский впервые удачно предсказал полное затмение Солнца на территории Передней Азии (ЗиВ, 2018, № 6). Как он это сделал? – Загадка и своеобразный парадокс для современных историков науки. По-видимому, ему помогли прежние его занятия и путешествия по разным странам, включая Египет и Вавилон; жрецы могли что-то знать о саросе (повторяемости затмений) и других таинственных небесных явлениях. Но сейчас пойдет речь не об этом. – В предлагаемой статье (в заключении) авторы познакомят читателей с еще двумя интересными парадоксами.

КОРОТКО ОБ ИСТОРИИ И ЗАДАЧАХ МИССИИ “ПАРКЕР”

Мысль приблизиться к Солнцу и произвести там измерения неоригинальна: как только появились ракеты, эта идея стала овладевать умами разных людей и развиваться в самых неожиданных направлениях – от праздного любопытства вплоть до серьезных предложений проверки фундаментальных законов природы. В зависимости



Космическая солнечная обсерватория “Паркер” на фоне Солнца, в представлении художника. Рисунок NASA

от задачи обсуждалось обеспечение той или иной научной аппаратурой. В окончательном виде проект с рабочим названием “Солнечный зонд” (“Solar probe”); были разные модификации названия) десятки лет лежал на полках разработчиков и претерпевал видоизменения. Менялись времена, правительства, технологии... Наконец, пришла пора осуществления дорогостоящего замысла.

Согласно официальным документам NASA, миссия нацелена на исследование прямыми способами околосолнечного пространства на недоступных ранее расстояниях – вплоть до $9,86 R_{\odot}$ (6,9 млн км) от центра нашего светила. Прежний рекорд был установлен немецкой солнечной космической обсерваторией “Гелиос-2” в 1976 г., – она приблизилась к Солнцу на 42,73 млн км. “Паркеру” ставили задачу: проследить поток энергии, которая нагревает корону и ускоряет солнечный ветер, определить структуру и динамику магнитных полей у источников солнечного ветра, выяснить, какие механизмы ускоряют и транспортируют энергичные частицы.

После запуска обсерватории “Паркер” поступили официальные сообщения о том, что американская автоматическая межпланетная станция NASA “Доун” (“Dawn”; ЗиВ, 2008 в обзоре “Полеты АМС”; 2017, № 1, с. 96–98; 2017, № 4, с. 54; 2018, № 4, с. 64), предназначенная для изучения астероида Веста и карликовой планеты Церера, использовала свое топливо и прекратила работу на орбите Цереры. Она тоже подлетала очень близко к Солнцу (с 2007 г. до 2018 г.) и проводила исследования под защитными экранами. У этой станции были совсем иные задачи – получить и передать на Землю огромное количество изображений; исследовать рельеф малых планет. Но использовалась похожая методика для защиты аппаратуры от перегрева.

СПОСОБЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЗАМЫСЛА

Для защиты конструкции космического корабля и аппаратуры от высокой температуры вблизи перигелия применяется пассивная и активная, ее защита. Пассивная защита представляет собой жаропрочные экраны, которые создают тень в мощном потоке излучения от

Солнца. Активная защита представляет собой сложную систему охлаждения циркулирующей водой. Тщательные расчеты и наземные испытания показали работоспособность и надежность такой комбинированной системы. Однако как быть с теми участками, которые неминуемо должны входить в контакт с горячей окружающей средой? Предусмотрены отдельные окна в защите и достаточно кратковременные сеансы наблюдений через них. Понятно, что будут некоторые искажения из-за этого; их можно попытаться учесть при обработке данных.

К этому надо добавить рекламную шумиху в чисто американском стиле – мировое сообщество в целом проявляет восторг от задуманного и поддерживает огромные затраты сил и средств на государственном уровне. Они предназначены для научных целей. Однако в американском обществе есть и скептические голоса, их тоже нужно слышать. Мир сложен и разнообразен.

Траектория полета зонда должна удовлетворять нескольким требованиям: сближение с Солнцем на установленное расстояние в максимально кратчайшие сроки и возможность передачи данных на Землю. Для того чтобы выполнить эти требования в ходе полета, “Паркер” совершит несколько гравитационных маневров рядом с Венерой.



График движения космической солнечной обсерватории “Паркер” при планировавшемся ранее запуске, 31 июля 2018 г.; в действительности старт состоялся 12 августа. Вычисления выполнены в Лаборатории реактивного движения США. Рисунок NASA

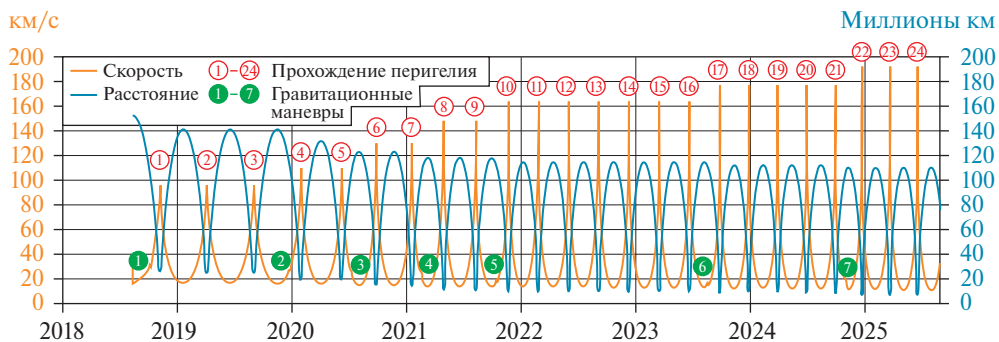


График скорости и расстояния от Солнца до космической солнечной обсерватории “Паркер” с момента запуска, в 2018 г., до 2026 г. Расчеты выполнены в Лаборатории реактивного движения США. Рисунок NASA

Первый пролет мимо Венеры состоялся 28 сентября 2018 г. Каждый следующий будет уменьшать период обращения зонда вокруг Солнца и увеличивать его скорость, позволяя еще больше приблизиться к светилу. Очередной маневр запланирован на 21 декабря 2019 г., после этого период обращения “Паркера” вокруг звезды уменьшится (со 150 суток до 130 суток).

Во время прохождения перигелия (сближение с Солнцем на минимальное расстояние) зонд получает необходимые данные; при прохождении афелия (максимальное удаление от Солнца) может появиться возможность совершить гравитационный маневр у Венеры и передать данные на Землю (при удачном расположении планет). Получается, что у нас нет возможности сразу узнать, что измерил зонд, – данные “сбрасываются” на Землю в периоды сближения зонда с Землей.

6 мая 2019 г. “Паркер” передал первые 22 Гбайта научных данных, собранных во время первых двух встреч с Солнцем. Более высокая скорость передачи данных позволила команде запросить у зонда еще больше данных, полученных во время прохождения второго перигелия. Эти дополнительные 25 Гбайта данных были

получены в период с 24 июля по 15 августа 2019 г. Третье и четвертое сближения с Солнцем ожидаются 28 августа 2019 г. и 24 января 2020 г., соответственно, причем четвертое сближение произойдет уже после очередного гравитационного маневра у Венеры и позволит “Паркеру” пролететь еще ближе к Солнцу.

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

С точки зрения авторов статьи, наиболее интересный результат может быть получен задолго до окончания миссии, уже в 2019 г., – при условии успешных измерений и передачи информации о первом сближении с Солнцем в перигелии (5 ноября 2018 г.) – когда “Паркер” приблизился к Солнцу со скоростью 95 км/с (!) на рекордно малое расстояние – 15 млн км! Потребуется еще некоторое время для осмысления этих достижений.

Научная группа профессора В.В. Красносельских (Французский национальный центр космических исследований в Марселе, CNRS) является единственной неамериканской участницей этого проекта NASA; она имеет хороший шанс проверить свою теорию образо-



Установка магнитометров на “стрелу” космической солнечной обсерватории “Паркер” в Лаборатории прикладной физики университета им. Дж. Хопкинса (США). Фото NASA

вания солнечного ветра за счет преимущественного нагрева электронов волнами Ленгмюра (сейчас подобных теорий много). Трудно понять, какой из них следует отдать предпочтение. Решить проблему помогут только наблюдения и правильная теоретическая интерпретация. Предположение о нагреве короны ленгмюровскими волнами не рассматривали ранее и не рассматривают сейчас по причине слабой и медленной передачи энергии от электронов к ионам. От всех других ожидаемых результатов предполагают получить уточнения известных фактов и закономерностей – ничего особенного не предвидится.

Таков состав аппаратуры и программа. Конечно, будет получена научная информация о малоисследованных участках околосолнечного пространства, но потребует немалое время для ее обработки.

КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ И СОСТАВ НАУЧНОЙ АППАРАТУРЫ

Температура в солнечной короне достигает миллиона градусов, однако “Паркер” не будет подвержен столь экстремальному воздействию: дело в том, что плотность солнечной плазмы короны очень мала, и, хотя частицы переносят огромную энергию, но их количества недостаточно для того, чтобы ее “передать” зонду. Вспомним, что вода, нагретая до $+100^{\circ}\text{C}$, опасна для кожи человека, а воздух такой же температуры (при кратковременном воздействии) – нет. Причина этого – в том, что плотность воздуха в 1000 раз меньше плотности воды. Плотность солнечной короны, в свою очередь, в миллиарды раз меньше, чем ее показатели в воздухе. Таким образом, истинная температура, которая “угрожает” “Паркеру” – около 1400°C , но и это немало. Поэтому одной из самых важных частей зонда является тепловой щит в передней части аппарата, защищающий его приборы и системы от перегрева.

Космическая солнечная обсерватория “Паркер” (размеры $1 \times 3 \times 2,3$ м, масса 555 кг, с топливом при запуске – 685 кг) снабжена солнцезащитным щитом диаметром в 2,4 м и толщиной в 11,5 см, изготовленным из жаропрочных углеродных материалов. Слой углеродной пены, заключенный между слоями углеродных пластин, – очень прочный, но на 97% состоит из воздуха, что обеспечивает его теплоизолирующие качества. На внешнюю сторону щита нанесена белая керамическая краска, задача которой – отразить максимальное количество солнечного излучения. В итоге на теневой стороне щита достигается температура $+30^{\circ}\text{C}$ – комфортная для работы приборов. Для того чтобы приборы не подвергались солнечному излучению, они

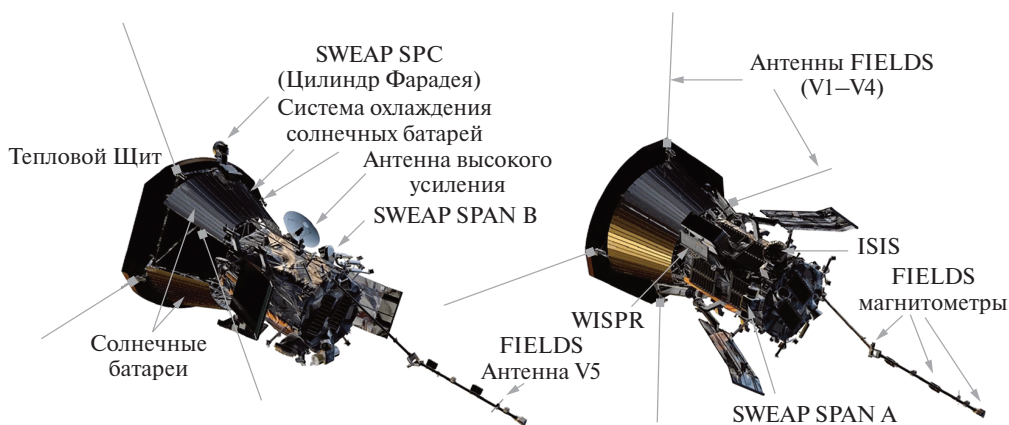


Схема расположения приборов на космической солнечной обсерватории "Паркер". Рисунок NASA

большую часть времени должны находиться в тени щита, – поэтому космический аппарат всегда повернут щитом к Солнцу. На случай, если ориентировка “собьется”, на корпусе установлены “датчики солнечного лимба”: когда на них попадает солнечный свет, они подают сигнал системам, и положение автоматически корректируется.

Для обеспечения энергией на космической обсерватории установлены солнечные батареи. Они не “спрятаны” за щит, однако при приближении к Солнцу даже они скрываются в тени, оставляя рабочим небольшой сегмент, необходимый для поддержания работы приборов. Батареи тоже необходимо защищать от перегрева, для этого на зонде предусмотрена система охлаждения. Почти 4 литра воды циркулируют по трубам, “отводя” тепло от батарей и “охлаждаясь” в хвостовой части аппарата; для того чтобы вода не закипала, она содержится под давлением.

На обсерватории установлено 5 научных приборов.

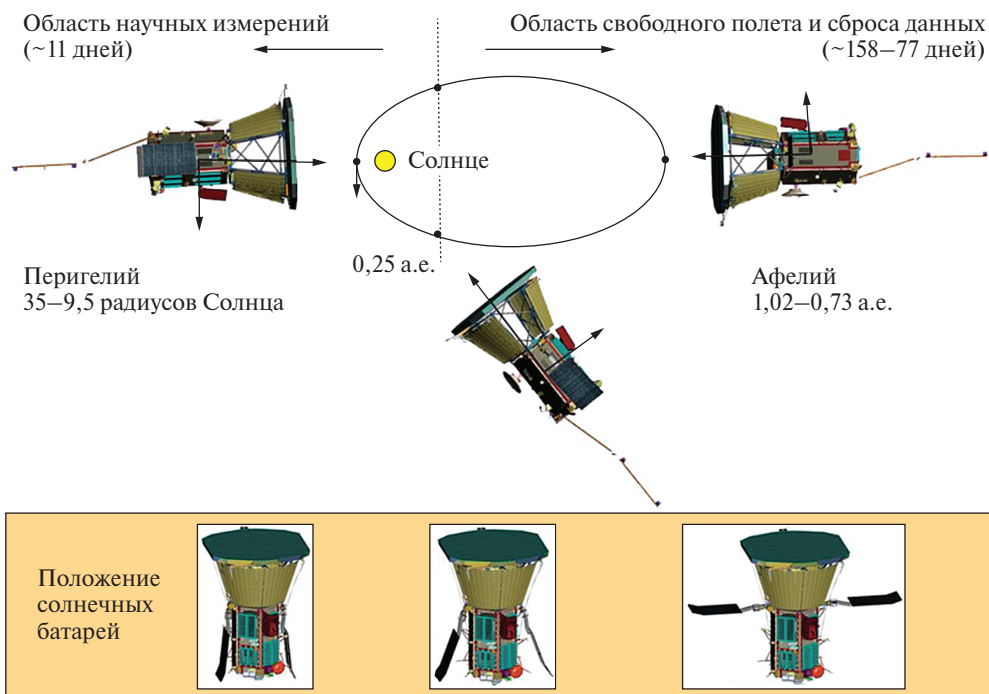
Прибор *FIELDS* (fields – поля) предназначен для измерения электромагнитных полей и волн на рекордно малых расстояниях от нашей звезды (научный руководитель – Стюарт Бейли, Кали-

форнийский университет). Среди физических явлений, которые можно изучить с помощью этого прибора – такие, как: волны Альвена¹ и турбулентность, вектор Умова-Пойнтинга², плотность плазмы и ее флуктуации, электронная температура, “плавающий” потенциал, радиоизлучение Солнца.

Ключевыми компонентами прибора *FIELDS* являются: пять датчиков напряжения, два магнитометра, магнитометр с катушкой поиска, основной пакет электроники. Вспомогательные системы включают в себя четыре штативных антенны длиной 2 м – V1, V2, V3 и V4 – изготовленные из жаропрочного сплава ниобия. Датчик напряжения на конце “стрелы” магнитометра длиной около 4 м обозначен как V5. Все пять устройств должны посылать сигналы на плату антенной электроники, которая является частью основного электронного пакета, а каждый датчик (V1–V5)

¹ Магнитогидродинамические волны в плазме, распространяющиеся вдоль силовых линий магнитного поля, играют большую роль в физических процессах, происходящих в гелиосфере, в магнитосферах Земли и других планет.

² Определяет плотность потока энергии электромагнитного поля.



Ориентация солнечной обсерватории "Паркер" в полете и положение солнечных батарей.
Рисунок NASA

имеет свой собственный предварительный усилитель, который передает этот сигнал. В датчики интегрированы различные электрические и электронные системы обработки; они принимают необработанные сигналы и преобразуют их в данные программного обеспечения для передачи обратно, на Землю, посредством радиосвязи. Для экономии энергоресурсов "сброс" информации на Землю производится только на минимальном расстоянии от нее.

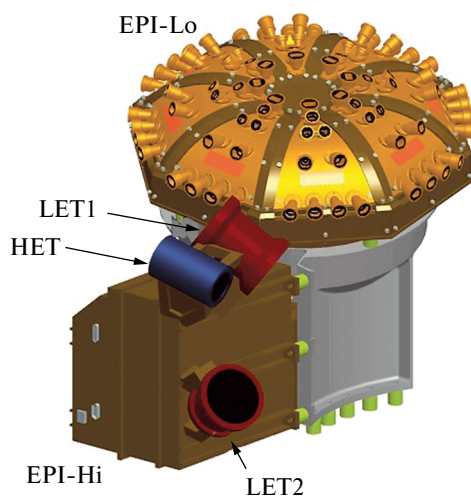
Отметим, что, наряду с основными задачами, этот прибор предназначен для измерения параметров пылевой короны вокруг Солнца по ударам частичек пыли о поверхность антенн V1-V5. (Так близко от нашей звезды еще не пролетал ни один космический аппарат!)

Цель эксперимента IS[⊙]IS (Integrated Science Investigation of the Sun – комплексное научное исследование Солн-

ца) – детектирование электронов, протонов и тяжелых ионов, ускоренных до высоких энергий в атмосфере светила, а также определение их энергетических спектров, состава и углового распределения (руководитель проекта – Дэвид МакКомас, Принстонский университет). Эти измерения помогут более детально изучить явления, "отвечающие" за космическую погоду: корональные выбросы массы, солнечные вспышки, корональные дыры. По замыслу авторов этого инструмента, в него включен двухкомпонентный набор для измерения энергичных частиц в очень широком диапазоне энергий, а также для скоординированного управления проведенных научных операций по обработке данных и научному анализу. В общем объеме наблюдения IS[⊙]IS позволяют исследовать механизмы динамики энергичных частиц, в том числе: их происхождение (опреде-

ление зародышей и физических условий, необходимых для ускорения энергичных частиц); насколько они ускоряются (определение роли ударных волн, механизмов пересоединения, волн и турбулентности); как они переносятся – выявление того, как энергичные частицы распространяются из короны в гелиосферу.

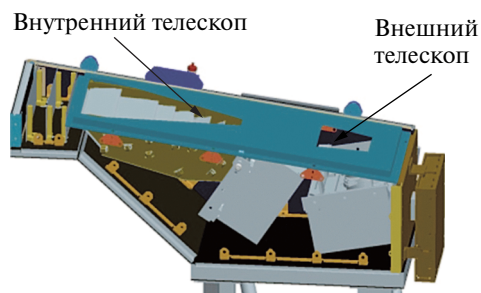
Два электростатических анализатора измеряют спектры и состав ионов с более низкими (EPI-Lo) и более высокими (EPI-Hi) энергиями. EPI-Lo измеряет ионы и ионный состав от общей энергии 20 кэВ/нуклон – 15 МэВ и электронов с энергией ~ 25–1000 кэВ. Анализатор EPI-Hi измеряет ионы с энергией ~ 1–200 МэВ/нуклон и электроны с энергией ~ 0,5–6 МэВ. EPI-Lo содержит 80 крошечных отверстий с полями зрения, которые охватывают почти полное полушарие, в то время, как EPI-Hi объединяет три телескопа. Вместе они имеют пять отверстий с большим полем зрения: двусторонний высоко энергетичный HET (High Energy Telescope) и два низко энергетичных – двусторонний LET1 и односторонний LET2 (Low Energy Telescope). Прибор непрерывно наблюдает внутри 0,25 а.е. с высокой скоростью сбора данных и регистрирует всплески в канале EPI-Lo, “согласованные” с другой частью полезной нагрузки. Вне 0,25 а.е. он работает в низкоскоростном режиме – когда это возможно, чтобы зафиксировать как можно более полную запись, обеспечить калибровку и непрерывность измерений ближе к Солнцу. В центре научных операций IS[☉]IS планируют и осуществляют “командование”, получают и анализируют все данные IS[☉]IS, а также координируют научные наблюдения и анализы с другими научными исследованиями. Вместе уникальные наблюдения IS[☉]IS позволят открыть, “распутать” и понять важные физические процессы, управляющие энергичными частицами в глубинных областях гелиосферы.



Устройство инструмента IS[☉]IS.
Рисунок NASA

Камера WISPR (Wide-field Imager for Solar PRobe – камера с широким полем зрения для солнечного зонда) состоит из двух оптических телескопов для наблюдения солнечной короны. Телескопы не подвергаются прямому солнечному излучению, они находятся в тени щита. Их совместное поле зрения простирается на 95° в радиальном направлении и 58° в направлении, перпендикулярном радиальному. С их помощью видят отраженный от пыли и частиц солнечный свет; основываясь на похожем принципе, работают коронографы. Такие снимки дают представление о плотности вещества, находящегося в поле зрения камеры. С их помощью ученые надеются получить больше информации о свойствах пыли и заряженных частиц вблизи солнечной короны, наблюдать за плотными 3D-структурами – такими, как корональные выбросы массы, – и проверить теорию существования беспылевой области рядом с Солнцем. Камера WISPR обладает разрешением 2000 × 2000 пикселей.

Остановимся подробнее на параметрах телескопов. Внутренний теле-



Устройство широкоугольной фотокамеры WISPR. Рисунок NASA

скоп имеет фокусное расстояние 28 мм и апертуру 42 мм². Его поле зрения “обрезается” на 13,5°, если за 0° считать направление на Солнце; таким образом, сам солнечный диск не попадает в поле зрения. Внешний телескоп имеет фокусное расстояние 19,8 мм и апертуру 51 мм². Его поле зрения начинается от 50° (там, где заканчивается поле зрения внутреннего) и продолжается до 108°.

В открытом доступе (интернет) уже есть несколько снимков, полученных с помощью этой камеры. Главным исследователем, использующим прибор WISPR, является Рассел Ховард (Военно-морская научная лаборатория США). Ранее его группой были созданы успешно работающие коронографы для наблюдений Солнца из космоса, установленные на многих других аппаратах (например, коронографы SECCHI и LASCO – на космических солнечных обсерваториях “STEREO” и “SOHO”).

Прибор SWEAP (Solar Wind Electrons Alphas and Protons Investigation – исследование электронов, альфа-частиц и протонов солнечного ветра) “собирает” наблюдения с двух дополняющих друг друга инструментов – цилиндра Фарадея SPC и анализатора SPAN. Вместе они предоставляют информацию о наиболее распространенных частицах солнечного ветра – электронах, протонах, ионах гелия. В результате обработки получают

сведения о плотности, скорости, температуре и о других параметрах.

SPC (Solar Probe Cup – цилиндр солнечного зонда) – это цилиндр Фарадея, он состоит из высокопрозрачных сеток и коллектора. На них подают переменные импульсы электрического напряжения для “сортировки” измеряемых частиц. Сетка переменного напряжения также помогает “отделить” фоновый шум, создаваемый космическими лучами и фотоэмиссионными электронами. Температура вблизи передней части инструмента может достигать очень высоких значений, поэтому в приборе используются кусочки сапфира для электрической изоляции различных компонентов. Когда обсерватория приближается к Солнцу, то SPC “принимает” до 146 измерений в секунду для того, чтобы точно определить скорость, плотность и температуру плазмы. Интересно, что цилиндр Фарадея не скрывается за жаропрочным щитом. Для того чтобы выдержать высокие температуры, корпус цилиндра выполнен из листов титана-циркония-молибдена – сплава молибдена с температурой плавления около 2349° С. Сетки напряжения изготовлены из вольфрама – металла с самой высокой известной температурой плавления (3422° С). Важно не только сделать прочным и жаростойким прибор, но и предусмотреть устойчивость к высоким температурам его электроники. Для того чтобы решить эту проблему, провода сделали из ниобия (из этого материала сделаны антенны V1–V4 FIELDS) и прикрепили их на трубки из сапфирового стекла. Для наземных тестов прибора ученые использовали ускорители частиц и “солнечную” печь, которая имитировала излучение Солнца с помощью 10 000 регулируемых зеркал.

Детектор SPAN (Solar Probe Analyzers – анализаторы солнечного зонда) состоит из двух инструментов:

SPAN-A и SPAN-B; они имеют широкие поля зрения, позволяющие им “видеть” части пространства, которые не наблюдает SPC. Частицы, сталкивающиеся с детекторами, попадают в лабиринт, который “посылает” их через ряд deflectоров для сортировки по массе и заряду. SPAN-A имеет два компонента для измерения как электронов, так и ионов; SPAN-B “смотрит” только на электроны.

Главный исследователь, использующий прибор SWEAP, – Джастин Каспер (Мичиганский университет). Он работал также над цилиндром Фарадея для космического аппарата “DSCOVR” (ЗиВ, 2019, № 2).

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОГО ЗОНДА

Первые данные “Паркер” отправила во время пробного сеанса связи в августе 2018 г. К радости научной команды солнечного зонда все приборы начали слаженно функционировать.

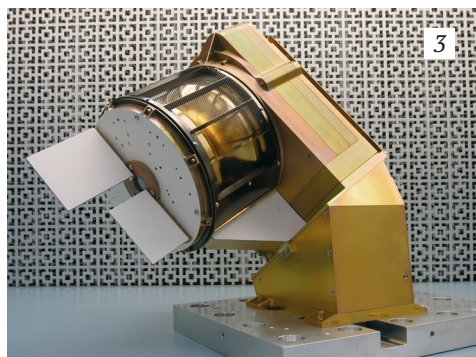
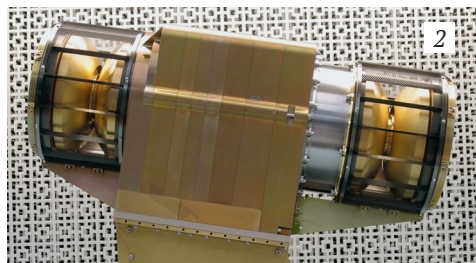
С помощью прибора SWEAP (SPC) 6 сентября 2018 г. получен образец данных, который в ходе пробного сеанса связи затем был успешно передан на

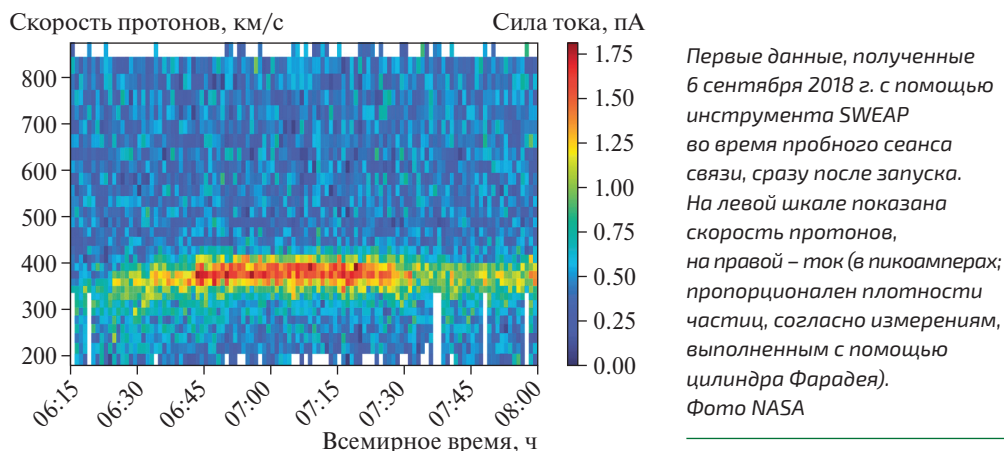
Землю. Большое количество частиц со скоростью около 400 км/с, зарегистрированных прибором, есть не что иное, как поток солнечного ветра.

Снимки Млечного Пути были получены с помощью камеры WISPR осенью 2018 г. На первом снимке, сделанном в сентябре, обсерватория только отдалялась от Земли. Второй снимок сделан позднее, на нем видна солнечная корона и корональный стример (поток более плотной плазмы солнечного ветра).

13 августа 2018 г. получены данные измерения магнитного поля Солнца, выявленные с помощью магнитометра (входит в комплекс приборов FIELDS). Магнитометр не случайно крепится на длинной стреле: если прикрепить его на корпусе космического аппарата, то он будет измерять его собственное магнитное поле. Для того чтобы измерять поле межпланетной среды, магнитометр должен быть установлен на удалении от корпуса обсерватории – на складной штанге (“стреле”), которая выдвигается после отделения космического аппарата

Приборы комплекса SWEAP: цилиндр Фарадея (1), анализаторы SPAN-a (2) и SPAN-b (3). Снимки сделаны в Гарвард-Смитсоновском Центре астрофизики

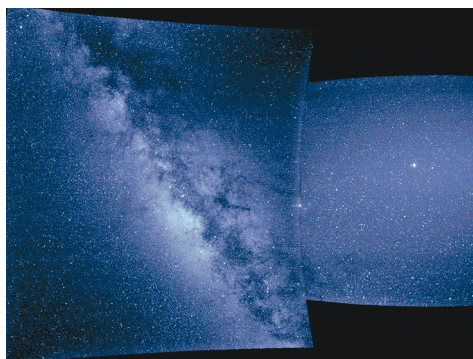




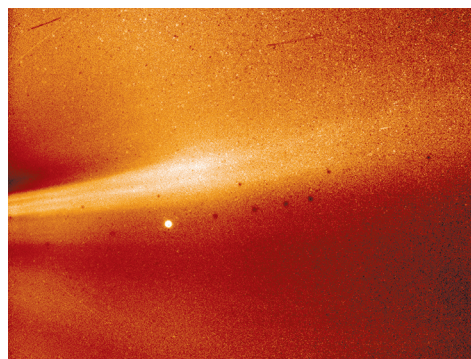
от ракеты-носителя. Во время “выброса” стрелы большое по величине магнитное поле вокруг аппарата сменяется меньшим по величине полем солнечного ветра. 21 сентября 2018 г. с помощью этих приборов удалось зафиксировать радиовсплеск от солнечной вспышки с помощью антенн V1 –V4 комплекса FIELDS.

Хотя несколько сближений с Солнцем уже состоялось, данные были

“сброшены” на Землю только летом 2019 г. Потребуется еще некоторое время для их обработки, осмысления и публикации результатов. Так что о “проверке” гипотез и теорий говорить еще рано. Радует то, что передача данных проходит без проблем и все приборы работают в штатном режиме. Авторы статьи с нетерпением будут ждать результатов работы приборов обсерватории “Паркер”.

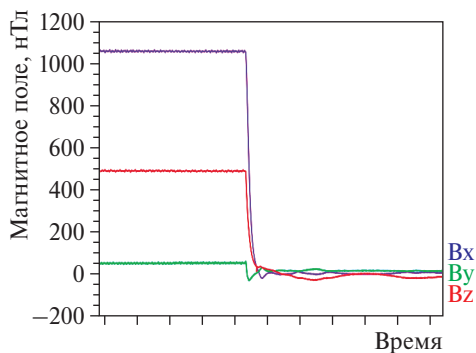
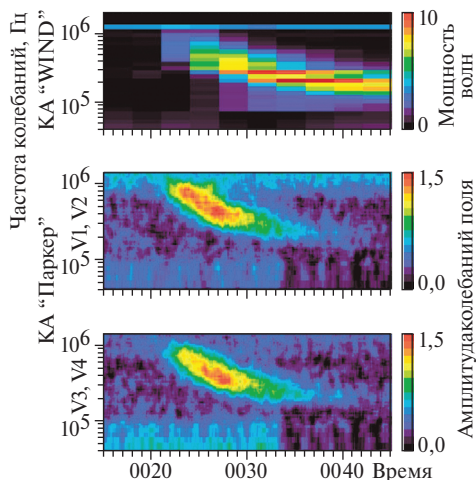


Пробное изображение Млечного пути (слева) и участка неба с планетой Юпитер (справа); получено осенью 2018 г. с помощью прибора WISPR. Широкоугольная фотокамера WISPR состоит из двух частей. На изображении (левый снимок) – поле внешнего телескопа, на правом снимке – 40-градусное поле зрения внутреннего телескопа. Фото NASA



Изображение, полученное с помощью широкоугольной камеры WISPR 8 ноября 2018 г. На нем можно увидеть корональный стример (яркие лучи). Эффективный объект в центре изображения – Меркурий, темные пятна – результат “обработки” изображения. Фото NASA

Данные измерения, полученные с помощью магнитометра комплекса FIELDS от 13 августа 2018 г. Разные цвета соотносятся с разными компонентами вектора магнитного поля. Фото NASA



Регистрация радиовсплеска, зарегистрированного с помощью прибора WAVES на КА "Wind" (сверху) и антенн прибора FIELDS, установленных на солнечной космической обсерватории "Паркер". Для сравнения – на рисунке приведены данные этого же радиовсплеска, полученные с помощью космического аппарата "Wind", запущенного в 1994 г. (вверху). Преимущества прибора на обсерватории "Паркер" очевидны. Рисунок NASA

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отметим, что солнечный ветер "открыл" не Юджин Паркер, в честь которого названа обсерватория. Об этом явлении знали (или догадывались) многие ученые задолго до него. И даже название ему присвоили образное – "Solar Wind".

Первые в мире прямые измерения потоков солнечного ветра были выполнены с помощью специальных ловушек – цилиндров Фарадея (в нашей стране в 1959 г. в ходе полетов первых советских АМС "Луна", вышедших за пределы магнитосферы Земли; ЗиВ, 2009, № 4). Затем это стало привычным делом при осуществлении всех последующих межпланетных полетов. Некоторое время спустя очень быстро

вышло из употребления старомодное словосочетание "корпускулярные потоки от Солнца". Все заговорили о "солнечном ветре", плазме и о других гелиосферных процессах.

Первая работа Ю. Паркера по солнечному ветру была опубликована лишь в 1957 г., но в ней нет ни слова о понятии "солнечный ветер". Парадокс... У Паркера нет даже полагающихся в таких случаях отсылок на научные труды известного британского астрофизика австрийского происхождения Германа Бонди (1919–2005). В 1952 г. он построил точно такую же математическую конструкцию – с единственным отличием: взяв знак "плюс" вместо "минуса" для радиальной скорости при решении квадратного уравнения Бернулли. Г. Бонди был увлечен аккрецией и думал только о ней. Оказалось, что все не

так, а наоборот: вещество не падает на нашу звезду, а удаляется от нее с большим ускорением; Солнце теряет свою массу, а не приобретает.

Могло бы быть и иначе; тогда, скорее всего, не существовало бы ни Земли, ни жизни на ней. Сейчас уже известно много звезд с планетами, вращающимися вокруг них. У некоторых подозревают существование условий, пригодных для жизни.

Приведем еще один парадокс. В.В. Красносельских и руководимая им группа ученых выполнили много теоретических и экспериментальных исследований относительно механизмов радиоизлучения третьего типа на Солнце и в гелиосфере; идея нагре-

ва короны лэнгмюровской турбулентностью разработана этой группой весьма глубоко и подробно. Мысль о нагреве ионов в короне тем же самым способом, “через электроны”, осталась вне поля зрения. После обработки новых данных станет понятно, поможет ли эксперимент FiELDS разрешить проблему нагрева солнечной короны. Авторы надеются, что новые данные, полученные с помощью обсерватории “Паркер”, дадут ответы и на другие интересные вопросы физики Солнца, рассмотренные в настоящей статье.

Авторы благодарят В.В. Красносельских за полезное обсуждение и помощь в работе над статьей.

Информация

Открыта экзопланета в Млечном Пути

19 августа 2019 г. открыта вторая планета на орбите вокруг β Живописца – молодой звезды в нашей Галактике в процессе формирования – массой примерно $3000 M_{\oplus}$ (или $9 M_{\text{Ю}}$), расположенной на расстоянии примерно 2,7 а.е. Экзопланета β Живописца с совершает один оборот вокруг родительского светила в течение 1200 сут. Подобно β Живописца b, открытой в 2009 г., она представляет собой газовый гигант, вращающийся вокруг своей оси со скоростью 25 км/с (90 000 км/ч). Планета β Живописца с была открыта в результате анализа данных наблюдений системы в высоком разрешении за 10 лет, проведенных при помощи инструментов обсерватории Ла-Силья Европейской Южной Обсерватории.

Видимая на небе невооруженным глазом звезда β Живописца массой $2 M_{\odot}$ является почти “новорожденной”: ее возраст составляет всего лишь 23 млн лет. Она окружена пылевым диском и расположена довольно близко к нам – на расстоянии всего лишь около 63 св. лет.

*Журнал “Nature Astronomy”,
19 августа 2019 г.*