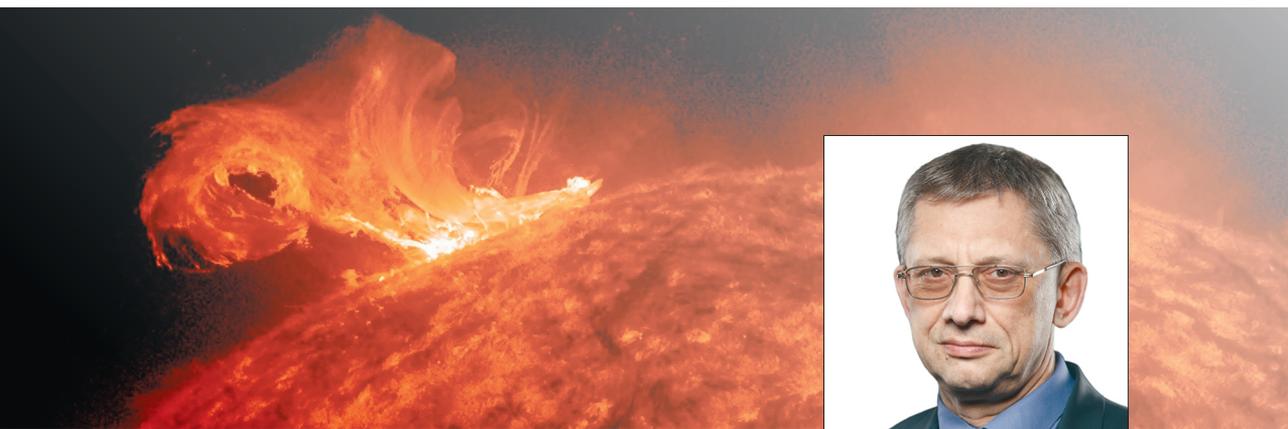


КОМПЛЕКСЫ АКТИВНОСТИ НА СОЛНЦЕ



С.А. ЯЗЕВ,

доктор физико-математических наук
директор Астрономической обсерватории Иркутского государственного университета
старший научный сотрудник Института солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

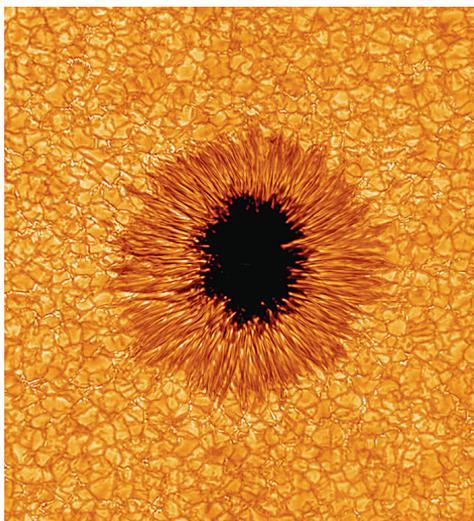
DOI: 10.7868/50044394819020038

Статистика образования пятен на Солнце позволяет выделить, по крайней мере, три уровня организации – группы пятен, активные долготы и комплексы активности. Если первые уровни давно и подробно описаны, то интерес к комплексам активности сформировался у гелиофизиков позднее. Некоторые вопросы к физике комплексов активности остаются до настоящего времени, тогда как именно эти структуры, судя по всему, представляют собой главный источник явлений и событий, воздействующих на природную среду Земли, – мощных рентгеновских вспышек, в том числе сопровождающихся выбросами коронального вещества. Статья посвящена этим важным объектам на Солнце.

УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН

Комплексы активности – один из видов солнечной активности, связанный со структурной организацией групп пятен на Солнце. Этот аспект нашего светила не очень широко известен, поэтому для описания феномена комплексов активности (КА) потребуется вступление, посвященное солнечным пятнам.

Проявлений (видов) солнечной активности насчитывается много – один перечень их названий содержит десятки терминов. Тем не менее, основной и наиболее известный ее вид, несомненно, – солнечные пятна. Исторические хроники свидетельствуют о том, что их наблюдали еще в древности. Первые телескопические наблюдения Галилео Галилея в Италии, Иоганна Гольдшмидта (Фабрициуса) – в Голландии, Томаса Гарриота – в Англии



Пример симметричного солнечного пятна. В центральной части – темная тень, волокнистая каемка – полутень. Снимок получен солнечной обсерваторией Big Bear (Калифорния, США)

и Христофора Шейнера – в Германии привели к пониманию того, что пятна – это не многочисленные планеты в пространстве между Солнцем и Землей, иногда проецирующиеся на солнечный диск в виде темных компактных образований, а некие структуры на самом светиле. Этот важный вывод был сделан в начале XVII в. Уже первые систематические наблюдения выявили ряд следующих важных свойств солнечных пятен:

- наиболее темная центральная часть крупного пятна называется тенью пятна. Ее окружает менее темная каемка, в которой просматриваются радиальные волокна – полутень пятна;

- пятна, как правило, существуют в виде групп пятен. В одной группе может быть до нескольких десятков отдельных пятен, объединенных в единую систему;

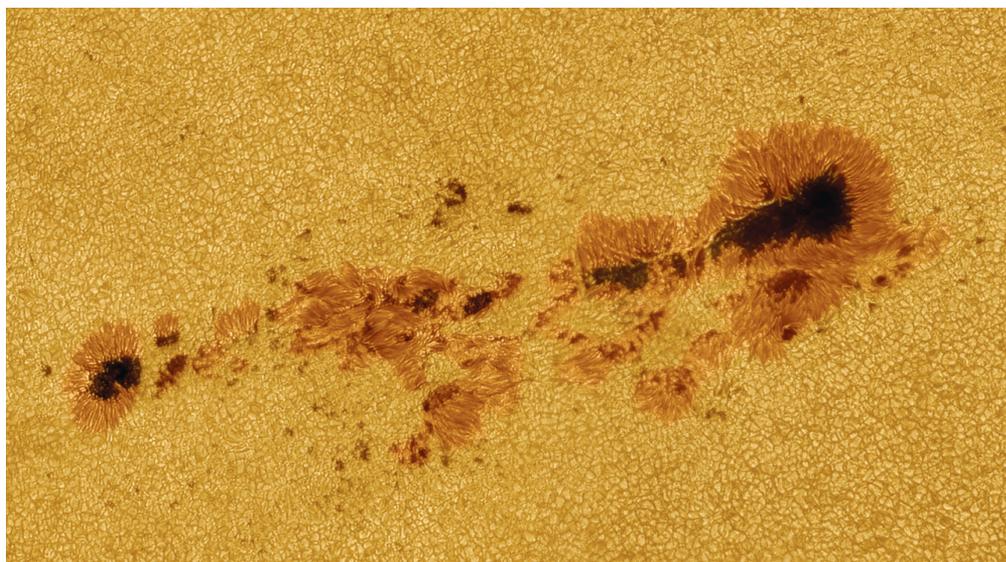
- группы пятен, как правило, существуют непродолжительное время – от

нескольких часов до нескольких суток. Однако бывают редкие случаи, когда одна и та же группа пятен наблюдается на протяжении двух-трех месяцев;

- скорость вращения Солнца вокруг своей оси, определяемая по пятнам на разных широтах, различается: вблизи экватора отмечено самое быстрое вращение, на более высоких широтах оно становится медленнее. Это значит, что пятна, образовавшиеся на разных широтах, дрейфуют друг относительно друга: экваториальные группы пятен смещаются “вперед” (в направлении вращения Солнца, или к западу), а высокоширотные группы пятен от них отстают, смещаясь “назад” (к востоку). Этот эффект получил название дифференциальное вращение Солнца, и он связан, конечно, не с пятнами – последние выступают в роли наиболее заметного репера этого явления.

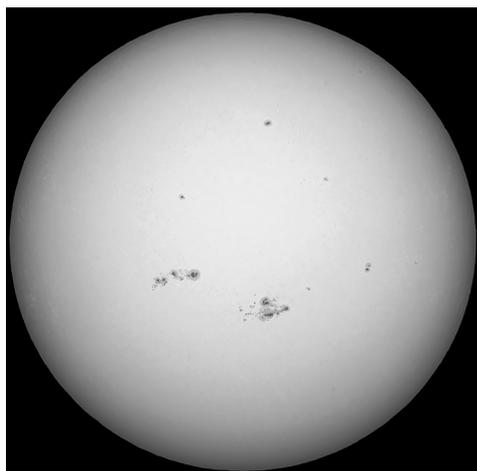
В XIX в. Генрих Швабе открыл цикличность солнечной активности. Оказалось, что число групп солнечных пятен регулярно меняется от нуля до порой высоких значений (14–18 групп), наблюдаемых на солнечном диске одновременно. Промежуток времени между соседними минимумами в среднем равен 11 годам, хотя отмечены и более, и менее продолжительные циклы (ЗиВ, 2001, № 2).

Наконец, еще одно важное открытие в 1908 г. сделал Джордж Эллери Хейл. В пятнах были обнаружены сильные локальные магнитные поля. Оказалось, что солнечное пятно – это сечение квазивертикального жгута силовых линий магнитного поля на уровне видимой поверхности Солнца – фотосферы. Поле в пятне подавляет конвекцию, поэтому внутри пятна температура несколько ниже, чем в окружающем пространстве (не 6000° , а примерно 4500°), и именно поэтому пятно выглядит более темным по сравнению с окружающим фоном.



Две сложные группы солнечных пятен: № 11785 (в правой части фотографии) и № 11787 (в левой части). Снимок выполнен 8 июля 2013 г. известным британским астрофотографом Дамианом Пичем

Группы пятен окружены яркими факелами, структура хромосферы вокруг пятен изменена, а в короне над пятнами в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах спектра наблюдаются высокие петли магнитного поля, по которым течет плазма. Весь этот комплекс



связанных между собой явлений называется активной областью. Группа пятен – это далеко не вся активная область, а лишь ее своеобразный “скелет”.

Как располагаются активные области на солнечной поверхности? Уже наблюдения, проводившиеся в XVII в., показали, что группы пятен появляются не на всей поверхности солнечного шара, а исключительно внутри полосы шириной 60–70°, центрированной на экватор Солнца. Эта полоса получила название королевская зона. Первые пятна цикла активности появляются у ее высокоширотных границ в Северном и Южном полушариях. В течение цикла широта возникновения пятен постепенно уменьшается, последние из них формируются вблизи экватора. Эта закономерность известна как закон Шпёрера, названного в честь немецкого астронома Г.Ф.В. Шпёрера (1822–1895).

Пятна на диске Солнца, наблюдавшиеся 18 декабря 2014 г., в эпоху максимума 24-го цикла солнечной активности. Снимок В.В. Капленко (Астрономическая обсерватория Иркутского государственного университета)

Для изучения долготного распределения групп пятен на Солнце необходимо сначала определиться с соответствующей системой координат. Поскольку Солнце, как указано выше, вращается дифференциально (реперы на разных широтах совершают полный оборот вокруг оси вращения светила за разное время), это – нетривиальная задача. В гелиофизике принято пользоваться кэррингтоновской системой координат. Она аналогична системе географических координат на Земле (привязана к экватору), а скорость ее вращения относительно земного наблюдателя (один оборот в среднем за 27,3 сут) соответствует скорости вращения реперов на гелиографической широте 15° . На этой широте пятна формируются, как правило, в эпоху максимума цикла, когда их больше всего. Современные гелиосейсмологические исследования показали, что глубже дна конвективной зоны (около 200 тыс. км ниже уровня фотосферы) Солнце вращается как твердое тело именно с такой (кэррингтоновской) скоростью (ЗиВ, 2006, № 6). Далее

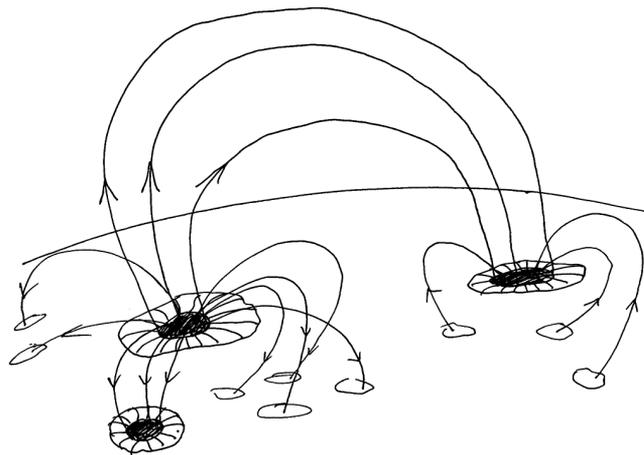
На некоторых долготах пятна возникают чаще, чем на других, либо там образуются более крупные пятна. Такие долготные интервалы преимущественного пятнообразования получили название "активные долготы"

будем использовать солнечные кэррингтоновские обороты в качестве единицы измерения времени, как это принято в гелиофизике.

На первый взгляд, долготное распределение пятен на солнечной поверхности должно быть равномерным: можно ожидать, что группа пятен с равной вероятностью может возникнуть на любой долготе. Однако оказалось, что это не так. Если, анализируя расположение пятен в кэррингтоновской системе координат, просуммировать в определенных долготных интервалах все их

группы, обнаруженные на протяжении одного или даже нескольких солнечных циклов, выявляется удивительный феномен: на некоторых долготах пятна возникают чаще, чем на других, либо там образуются более крупные пятна. Такие долготные интервалы преимущественного пятнообразования получили название активные долготы. Как правило, они располагаются на противоположных сторонах Солнца, в 180° друг от друга. Причина существования актив-

ных долгот окончательно не ясна до сих пор. Таким образом, группы солнечных пятен и активные долготы – это два хорошо известных уровня организации солнечной активности.



Пятна на Солнце – сечения трубок сильного локального магнитного поля. Силовые линии магнитного поля связывают между собой отдельные пятна и яркие области вокруг них – "факелы". Рисунок автора

Но есть и третий, промежуточный, уровень иерархии пятенной активности. Речь идет о так называемых комплексах активности. К их описанию мы, наконец, и перейдем.

ПОНЯТИЕ КОМПЛЕКСА АКТИВНОСТИ

Исследования распределения пятен на поверхности Солнца показали, что иногда на одном и том же месте в кэррингтоновской системе координат пятна могут наблюдаться длительное время – по многу месяцев, а в отдельных случаях – больше года. Поскольку единичные группы пятен не обладают такой продолжительностью жизни, это означает, что по какой-то причине в одном и том же месте друг за другом практически непрерывно возникают новые и новые группы пятен. Анализ показал, что, как правило, это бывают наиболее крупные и сложные группы. Создается впечатление, что на Солнце существуют особые участки, где почему-то облегчено пятнообразование: именно здесь одна за другой всплывают из конвективной зоны порции магнитного потока, порождающие активные области.

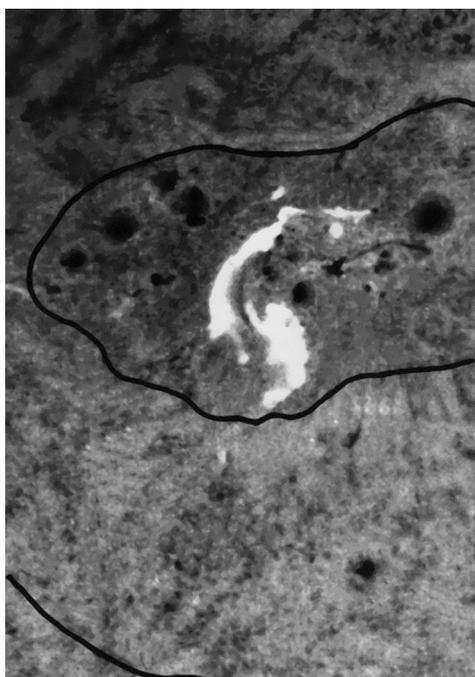
Понятие комплекса активности было впервые использовано в 1960-е годы Вацлавом Бумбой и Робертом Говардом по результатам изучения крупномасштабных магнитных полей Солнца. На протяжении ряда лет исследователи, как правило, считали синонимами понятия “комплекс активности” и “комплекс активных областей”, рассматривая несколько одновременно существующих близких друг к другу групп пятен, физически связанных единой

системой магнитных полей. При таком подходе упускалась из виду история – подчас на предыдущем солнечном обороте здесь тоже наблюдалась активная область. Новый подход, позволяющий анализировать развитие КА не только в пространстве, но и во времени, с учетом всей истории развития пятен на одном и том же месте, был заложен в Иркутске В.Г. Баниным в 1983 г. и продолжает развиваться его последователями, к которым причисляет себя и автор настоящей статьи.

В рамках такого подхода в КА выделяется ядро – зона пятнообразования, которая может существовать на протяжении нескольких солнечных оборотов. Формально ядром комплекса активности называется участок солнечной поверхности размером 20×20 гелиографических градусов, где на протяжении как минимум трех солнечных оборотов подряд наблюдается активность в виде пятен. Важным свойством ядер КА является то, что за время всего своего существования их положение не изменяется в кэррингтоновской системе координат. Хотя ядро КА может сформироваться и вблизи границы королевской зоны (в начале цикла), и вблизи экватора (в конце цикла), неизменность их координат означает, что ядра КА не подвержены действию дифференциального вращения. Вне зависимости от широты своего возникновения эта структура всегда вращается с кэррингтоновской скоростью.

Ядро КА – это его центральная часть, в некотором смысле подобная тени солнечного пятна (здесь магнитное поле, как и в тени пятна, преимущественно вертикально). Общая площадь КА, выделяемая на изображениях

Понятие комплекса активности было впервые использовано в 1960-е годы Вацлавом Бумбой и Робертом Говардом по результатам изучения крупномасштабных магнитных полей Солнца



Фрагмент центральной части комплексов активности. Яркая область – сильная солнечная вспышка 16 мая 1981 г. Внутренний контур – область вертикальных магнитных полей вокруг солнечных пятен, примерно соответствующая ядру КА; внешний контур – граница КА, охватывающая область квазигоризонтальных магнитных полей. Снимок получен автором 16 мая 1981 г. в красном крыле линии водорода H_{α} . Байкальская астрофизическая обсерватория ИСЗФ СО РАН

хромосферы по контуру внешней границы области возмущенной хромосферы, оказывается примерно вдвое больше площади ядра КА. В этой периферийной зоне КА, напоминающей полутень пятна, магнитное поле преимущественно горизонтально. Иногда внутри зоны возмущенной структуры хромосферы наблюдаются не одно, а два или три (в максимуме четыре) ядра. На изображениях, полученных в рентгеновском диапазоне, видно, что это единая физическая система, связанная высокими корональными петлями. Такие КА мы предложили называть многоядерными.

В ряде случаев возле КА (к западу или к востоку от него) наблюдаются индивидуальные активные области, связанные с ядром КА корональными петлями, что хорошо видно на снимках в рентгеновском диапазоне. Такие области называются ветвями КА. Их отличие от ядер заключается в том, что ветвь, во-первых, существует недолго (меньше одного солнечного оборота),

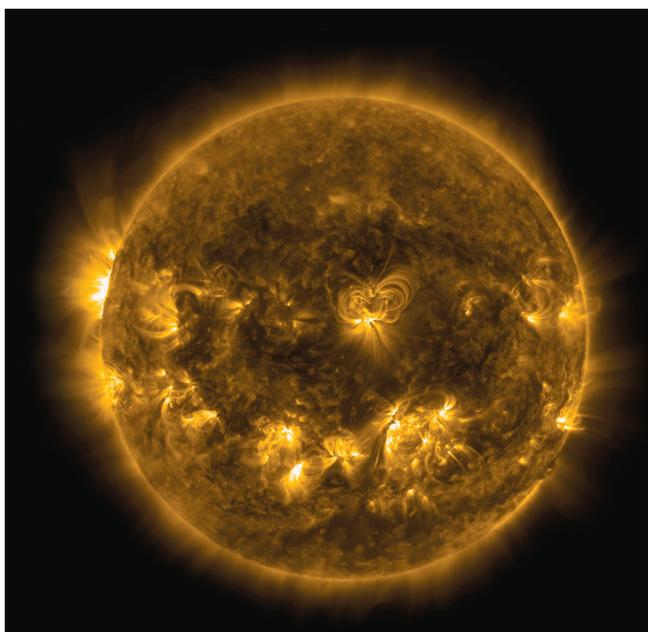
и, во-вторых, она подвержена дифференциальному вращению: ветвь КА вращается со скоростью, соответствующей “своей” широте, в результате за время своего существования она смещается по долготе, изменяя свое расстояние от ядра КА.

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСОВ АКТИВНОСТИ

Рассмотрим некоторые свойства КА на примере текущего, 24-го цикла солнечной активности. В течение цикла наблюдалось 113 ядер КА. Первые небольшие КА возникли примерно через год после начала цикла, последние КА (судя по предыдущим циклам) исчезают за 1,5–2 года до очередного минимума солнечной активности. Наиболее часто наблюдаются ядра КА, существующие на протяжении 3–5 солнечных оборотов, реже – в течение 6–8 оборотов. Уникальный случай, когда ядро КА развивалось 17 оборотов подряд (почти полтора года!), отмечен в 23-м цикле.

В 24-м цикле менее половины КА (51) оказались одноядерными. Кроме того, отмечены 19 многоядерных КА, в числе которых были 12 двухядерных.

Солнце в рентгеновских лучах на длине волны 17,1 нм. Снизу на рисунке – трехядерный комплекс активности 11 сентября 2014 г. Снимок космической обсерватории "SDO". Фото NASA



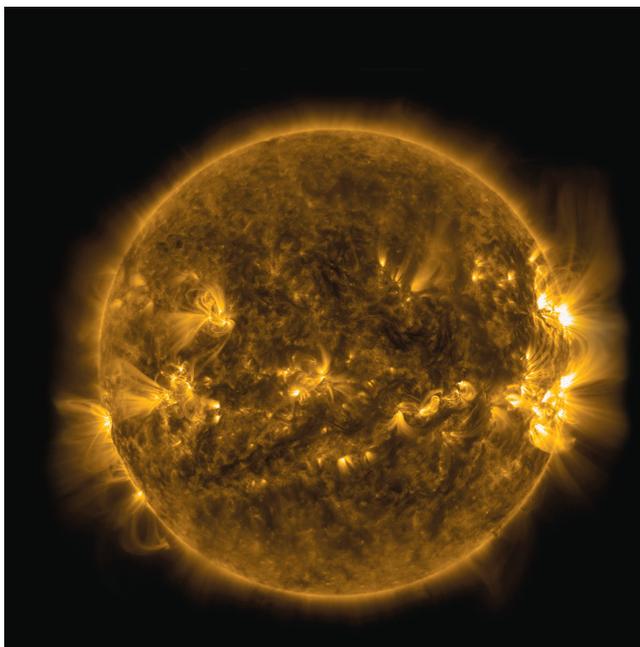
Многоядерные КА развиваются следующим образом: сначала возникает первое ядро КА, через 1–2 солнечных оборота формируется второе ядро – как правило, в 30–40 географических градусах от первого. В большинстве случаев это происходит к западу от первого ядра. Еще через 1–2 оборота к западу от второго ядра может появиться третье ядро – такая цепочка актов появления новых ядер КА может иногда продолжаться и дальше. Реже возле существующего восточного ядра КА спустя несколько оборотов восточнее возникает еще одно ядро. Как правило, новые западные ядра формируются ближе к экватору, новые восточные – дальше от него.

Обычно действует своеобразное правило “дополнительности”: если в Северном либо Южном полушарии формируется КА, на тех же долготах через экватор других КА нет (хотя могут возникать индивидуальные активные области). Тем не менее иногда наблюдаются исключения: в одном и том же интервале долгот по разные стороны от экватора иногда формируются КА, соединенные корональными трансэкваториальными петлями. В течение 24-го цикла подобная ситуация наблюдалась всего 12 раз, в то время, как для 89 ядер КА не было сопряженных ядер КА по другую сторону экватора.

ГЕОЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСОВ АКТИВНОСТИ

Выше уже отмечалось, что в ядрах КА, как правило, формируются наиболее крупные и многочисленные группы пятен, для которых типична сложная магнитная структура. Давно отмечено, что именно такие группы пятен наиболее опасны: здесь могут происходить сильные солнечные вспышки (ЗиВ, 2005, № 2).

Анализ показывает, что если рассмотреть популяцию вспышек, наиболее сильно воздействующих на земную природную среду (это события, сопровождающиеся появлением вблизи Земли потоков протонов с энергией выше 10 МэВ в количестве более 10 частиц на $1 \text{ см}^2/\text{с}$), то 84% подобных вспышек произошли за последние 40 лет в ядрах и ветвях комплексов активности. Примерно половина от общего количества групп пятен принадлежит КА, и это означает, что вспышечная продуктивность пятен в КА заметно выше, чем у пятен вне КА.



Солнце в рентгеновских лучах на длине волны 17,1 нм. Справа на лимбе видны высокие корональные петли, соединяющие компоненты трансэкваториального комплекса активности 8 февраля 2014 г. Снимок космической обсерватории "SDO". Фото NASA

Оказалось, что не только протонные вспышки "предпочитают" возникать в комплексах активности. Исследование локализации средних и сильных рентгеновских вспышек на Солнце (с рентгеновским баллом, начиная с M1) в текущем, 24-м цикле солнечной активности, показало, что указанные вспышки произошли в 198 группах пятен. При этом 119 из них наблюдались в ядрах КА, 23 – в ветвях КА, и только 66 (треть от общего числа) – в отдельных группах пятен, не имеющих отношения к КА. Если же рассматривать наиболее сильные вспышки класса X, то степень их связи с КА оказывается еще более высокой – более 75%. Оценка суммарного вспышечного индекса групп пятен в составе КА (параметра, характеризующего энергию, выделяющуюся во вспышках)

дает около 71% от всей энергии наблюдаемых вспышек на Солнце. Этот факт подтверждает, что активные области в составе КА оказываются более продуктивными в "производстве" вспышек по сравнению с группами пятен вне КА.

Таким образом, можно констатировать, что именно КА (точнее, активные области в составе КА) несут основную ответственность за генерацию сильных солнечных вспышек, в том числе влияющих на Землю.

После распада групп пятен в КА на их месте возникают крупномасштабные униполярные магнитные

области, где формируются низкоширотные корональные дыры. Поскольку корональные дыры служат источниками высокоскоростного солнечного ветра, способного генерировать геомагнитные бури на Земле, это означает, что и на поздних стадиях эволюции магнитных полей, уже после распада групп пятен, КА продолжают оставаться геоэффективными структурами. Корональные дыры служат источниками высокоскоростного солнечного ветра, способного генерировать геомагнитные бури на Земле, а значит, и на поздних стадиях эволюции магнитных полей, уже после распада групп пятен, КА продолжают оставаться геоэффективными структурами.

КОМПЛЕКСЫ АКТИВНОСТИ И ПРОГНОЗ ГЕОЭФФЕКТИВНЫХ СОБЫТИЙ

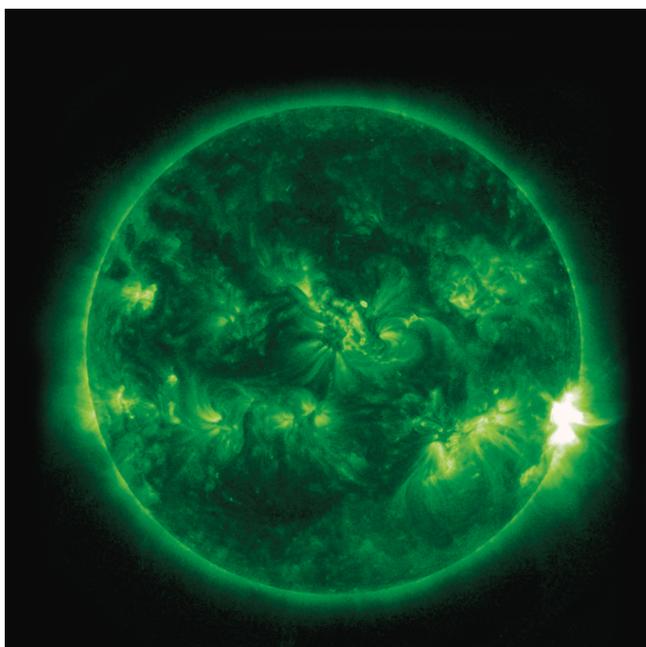
Статистика показывает, что крупные солнечные вспышки, как правило, происходят в ядрах КА на первом, втором

и третьем оборотах существования КА. Бывают (но реже) и более поздние сильные вспышки. Следовательно, если удастся идентифицировать ядро КА уже на первом обороте его существования, то возникает возможность прогноза крупных вспышек с месячной или даже двухмесячной заблаговременностью. Разумеется, речь идет только об увеличении вероятности сильной вспышки, без указания точных дат.

В качестве еще одного прогностического фактора можно указать близость к ядру КА корональных дыр. Анализ локализации протонных вспышек, наблюдавшихся в 24-м цикле, показывает, что практически все вспышки, испустившие потоки протонов с энергией более 10 МэВ на орбите Земли, произошли в группах пятен в ядрах либо ветвях КА вблизи границ корональных дыр. Возможно, процессы магнитного пересоединения вблизи корональной дыры увеличивают вероятность вспышки, а открытая магнитная конфигурация обеспечивает упрощенный выход потоков заряженных частиц из области вспышки в гелиосферу.

ПРИРОДА КОМПЛЕКСОВ АКТИВНОСТИ

Природа КА во многом остается загадочной. По сути, речь идет о неких избранных участках на солнечной поверхности, где из глубин конвективной зоны квазинепрерывно всплывают одна за другой очередные порции магнитного потока, обеспечивая возникновение новых и новых групп пятен



Солнце в рентгеновских лучах на длине волны 9,4 нм. Справа на лимбе – солнечная вспышка 19 ноября 2013 г. Снимок космической обсерватории "SDO". Фото NASA

(активных областей). Взаимодействие старых и новых магнитных полей приводит к повышенной вероятности сильных вспышек. В рамках упомянутой выше концепции предлагается рассматривать не отдельные активные области "здесь и сейчас", а допустить существование некоего "канала", генерирующего образование активных областей на протяжении нескольких солнечных оборотов.

Долгое существование пятен на одном и том же месте в кэррингтоновской системе координат позволяет предположить, что ядра КА как-то связаны с дном конвективной зоны, начиная с которой Солнце вращается вокруг своей оси как твердое тело с кэррингтоновской скоростью и где исчезают признаки дифференциального вращения. Здесь могут быть рассмотрены две основные гипотезы.

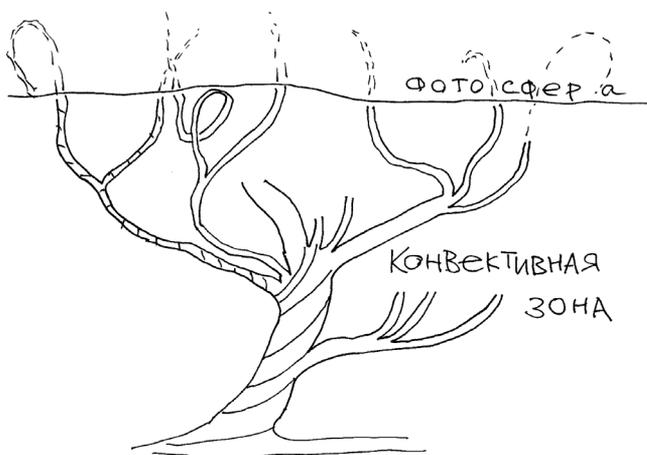
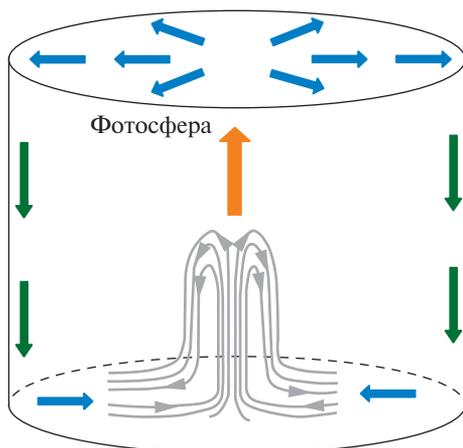


Иллюстрация концепции Дж. Пиддингтона, объясняющей феномен солнечных пятен с помощью древовидного расплетающегося жгута магнитного поля, поднимающегося со дна конвективной зоны. Рисунок автора

Первая гипотеза связана с концепцией австралийского гелиофизика Дж. Пиддингтона, который в 1970-е гг. предлагал идею “магнитного дерева” – закрепленного на дне конвективной зоны жгута силовых линий магнитного поля, поднимающегося из недр Солнца на его поверхность. По Пиддингтону, пятна – это сечения таких жгутов (“стволов”) магнитных деревьев и его

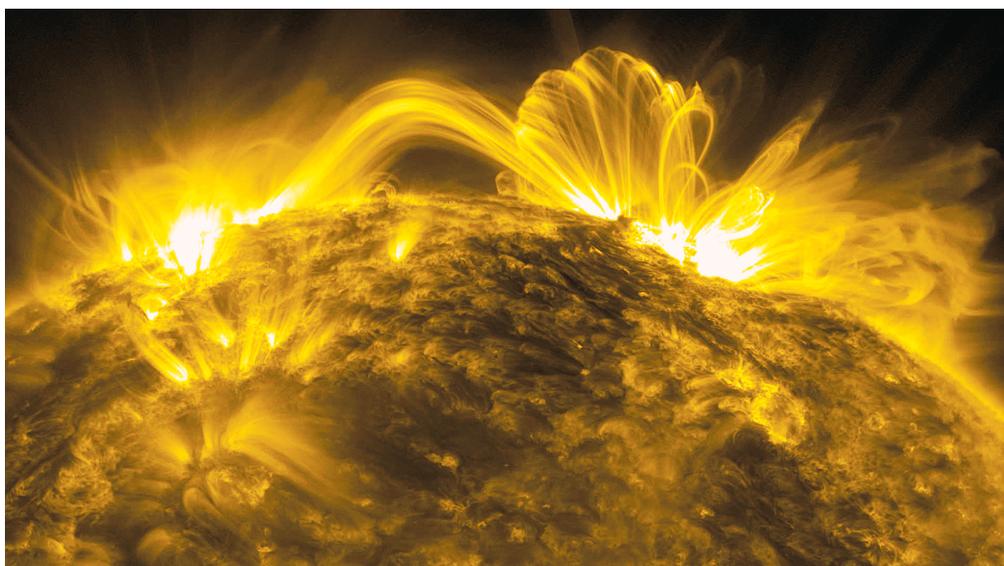


“веток”, “отматывающихся” от ствола более тонких жгутов поля и всплывающих поблизости на уровень фотосферы. Будучи примененной к описанию феномена КА, такая концепция вполне могла бы объяснить и существование ядра КА (сечение ствола) и явления ветвей (магнитные системы, не столь глубоко “заякоренные” и поэтому подверженные действию дифференциального вращения).

Против концепции Пиддингтона свидетельствует гелиосейсмология: пока не удастся обнаружить под пятнами какие-то неоднородности в недрах конвективной зоны глубже 75 тыс. км, тогда как дно конвективной зоны находится гораздо глубже – в 200 тыс. км под фотосферой. Современные представления о пятнах предусматривают возникновение магнитной основы пятен в подповерхностной зоне, без связи с глубинными структурами. Впрочем, не исключено, что применяемым методам пока не хватает “чувствительности”.

Еще одна гипотеза связана с существованием крупномасштабных (характерный размер порядка глубины конвективной зоны) конвективных ячеек. В центре подобной ячейки, согласно

Схема циркуляции вещества (всплытие в середине крупномасштабной конвективной ячейки и опускание по краям) приводит к “сгребанию” магнитного поля вблизи дна ячейки. При повышении магнитного давления поле всплывает, в результате формируется ядро комплекса активности. Канал для всплытия новых порций поля сохраняется, пока существует устойчивая конвективная ячейка. Иллюстрация к концепции В.И. Сидорова



Сложная система корональных магнитных петель, соединяющих группы пятен во вспышечном комплексе активности 12 июля 2012 г. Снимок космической обсерватории "SDO" на длине волны 17,1 нм. Фото NASA

этой идее, происходит постоянный подъем вещества, увлекающий за собой магнитное поле, которое постоянно всплывает здесь в одном и том же месте (ядре КА), продуцируя последовательное возникновение новых активных областей. Горизонтального смещения этой системы в кэррингтоновской системе координат не происходит, потому что ячейка "закреплена" на дне конвективной зоны. По-видимому, рядом с такой ячейкой возникают условия для появления соседней ячейки, поэтому поблизости могут формироваться второе, третье (и так далее) ядра многоядерного КА, связанные между собой. Такую идею разрабатывал при участии автора, к сожалению, рано ушедший из жизни иркутский геофизик Владимир Ильич Сидоров. В этой схеме пока остается непонятным, что служит причиной формирования гигантских конвективных ячеек,

почему они возникают далеко не всюду и не всегда.

Несмотря на то, что проблема происхождения КА на Солнце окончательно не решена, продолжение их исследования важно для понимания феномена солнечной активности в целом, а также для улучшения качества прогноза крупных солнечных вспышек. В Иркутске (ИСЗФ СО РАН и Астрономическая обсерватория ИГУ) уже много лет ведется мониторинг КА на Солнце; сформирована база данных, описывающая КА начиная с 1980 г.; непрерывно пополняется соответствующий каталог данных. Изучение этого интересного феномена продолжается.

Список рекомендуемой литературы

1. Язев С.А. Лекции о Солнце / М.: изд-во "АСТ", 2018. 320 с.
2. Язев С.А. Астрономия / Солнечная система. Под ред. В.Г. Сурдина. М.: изд-во "Юрайт", 2018. 336 с.
3. Дэвид Уайтхауз. Биография Солнца. М.: "Эксмо", 2008. 368 с.
4. Пасачофф Джей М. Занимательная астрономия: все тайны нашей звезды – Солнца / М.: изд-во "Астрель", 2008. 338 с.

Информация

Международный год Периодической таблицы химических элементов

29 января 2019 года в штаб-квартире ЮНЕСКО в Париже (Франция) состоялась торжественная церемония открытия Международного года Периодической таблицы химических элементов. В церемонии открытия Года приняли участие Генеральный директор ЮНЕСКО **О. Азуле**, министр науки и высшего образования РФ **М. Котюков**, президент Французской академии наук **П. Корволь**. Состоялись выступления лауреата Нобелевской премии по химии 2016 года **Б. Феринга** и академика **Ю. Оганесяна**, сотрудника Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) РАН – выдающегося российского ученого, именем которого назван 118-й химический элемент.

Через неделю, 6 февраля, последовало торжественное открытие Года в Москве, в Президиуме Российской академии наук. В торжественной церемонии приняли участие председатель Правительства России **Д. Медведев**, заместитель председателя Правительства РФ **Татьяна Голикова**, министр науки и высшего образования **М. Котюков**, министр просвещения **О. Васильева**, а также президент Российской академии наук **А. Сергеев**, представивший доклад “Дизайн мира: от космоса до новых материалов”.

Какое же отношение Периодическая таблица химических элементов имеет к космическим исследованиям? Самое непосредственное. Первые элементы таблицы: водород, гелий и литий – появились в первые секунды после рождения Вселенной. Из них “собрались” первые звезды – естественные фабрики синтеза более тяжелых элементов; эта работа продолжается в течение всей их жизни и не заканчивается даже во время гибели. И поэтому именно астрофизические наблюдения дают ученым важнейшую информацию о “темпах производства” элементов, об их обилии во Вселенной.

Теме нуклеосинтеза во Вселенной на разных стадиях ее существования был посвящен специальный круглый стол “Происхождение элементов” в ходе торжественных мероприятий в Париже. Профессор РАН **А. Лутовинов**, заместитель директора Института космических исследований РАН и член Редакционной коллегии журнала “Земля и Вселенная”, представил доклад “Звезды: от колыбели до усыпальницы” (“Stars from cradle to grave”).

“Космической химии” посвятили также специальный стенд на мультимедийно-интерактивной выставке “150 лет Периодической системы химических элементов”. Выставка была представлена в штаб-квартире ЮНЕСКО, а потом переместилась в Москву, где была открыта для посещения 6–7 февраля в Президиуме РАН.

Кроме стенда посетители могли увидеть на выставке макеты международной астрофизической рентгеновской обсерватории “Гранат” и будущей российско-германской



Заседание Организационного комитета по подготовке и проведению Международного года Периодической таблицы химических элементов. Фотография с портала “Научная Россия”



Открытие Года Периодической таблицы химических элементов в Президиуме РАН. Фотография с портала “Научная Россия”



Открытие Года Периодической таблицы химических элементов в России. Выступает президент РАН академик Александр Сергеев. Фотография с портала "Научная Россия"



Макет астрофизической обсерватории "Гранат" на выставке "150 лет Периодической системы химических элементов". Фото С.Е. Виноградовой

обсерватории "Спектр-РГ" (в создании обеих ключевую роль сыграл Институт космических исследований РАН). Обсерватория "Гранат" работала на орбите в 1989–1998 г. С ее помощью были открыты и исследованы многочисленные рентгеновские источники, получены высококачественные широкополосные спектры рентгеновских новых, исследованы процессы синтеза химических элементов в космосе. Запуск обсерватории "Спектр-РГ" запланирован на 2019 г.

Статья А.А. Лутовинова по материалам доклада будет опубликована в следующем выпуске "Зив", а его видеозапись можно увидеть на сайте ЮНЕСКО*.

Экспозиция "150 лет Периодической системы химических элементов", уже в мобильном формате, будет демонстрироваться в разных странах мира в течение всего 2019 года под эгидой ЮНЕСКО. В российском секторе представлена научная информация от ведущих вузов и научно-исследовательских центров страны: МГУ им. М.В. Ломоносова, РХТУ им. Д.И. Менделеева, ОИЯИ РАН, ИКИ РАН и др.

Международный год Периодической таблицы химических элементов был провозглашен Генеральной Ассамблеей ООН и приурочен к 150-летию открытия выдающимся российским ученым Д.И. Менделеевым периодического закона химических элементов. Его проведение координирует ЮНЕСКО совместно с Международным союзом теоретической и прикладной химии (IUPAC), Европейской ассоциацией химических и молекулярных наук (EuCheMS), Международным советом по науке (ISC), Международным астрономическим союзом (IAU), Международным союзом теоретической и прикладной физики (IUPAP) и Международным союзом истории и философии науки (IUPST).

Официальным оператором церемонии открытия Международного года Периодической таблицы химических элементов в Москве выступил Всероссийский фестиваль науки НАУКА 0+. Его генеральный партнер – благотворительный фонд "Искусство, наука и спорт".



Мультимедийно-интерактивная выставка "150 лет Периодической системы химических элементов" в Президиуме РАН. Фото С.Е. Виноградовой

* http://webcast.unesco.org/live/vod/2019/sc/20192901_sc_room-01/ru/