

Моделирование и прогнозирование солнечных циклов на основе расположения планет и статистического анализа рядов Вольфа (изменяющееся число тёмных пятен на Солнце) – обширное и исключительной важности исследование, проведённое в течение последних 20 лет ведущими сотрудниками центра «Астрофизика», кандидатом технических наук Владимиром Георгиевичем СОКОЛОВЫМ (1941–2014) и математиком Ларисой Валерьевной КОРСИ.

Круг научных интересов Владимира Георгиевича выходил далеко за стены оборонного предприятия, в подразделениях которого он проработал всю свою жизнь. Кроме успешного решения головоломных оборонных задач, он создавал первые в СССР лазерные диагностические медицинские приборы, доплеровский лазерный локатор с дальностью действия один сантиметр для неинвазивного измерения скорости капиллярного кровотока сквозь кожный покров человека. Писал работы по теории гравитации и скалярной физике, научно-технические проекты и отчёты, статьи и доклады для международных конференций по теории и применению лазеров, интересовался работами в области знаний, далеко выходящих за пределы современной материалистической науки.

Читателю представлен сокращённый журнальный вариант статьи о результатах работы по обоснованию связи в единую физическую систему гравитационных, электрических и магнитных полей, создаваемых и поддерживаемых Солнцем в нашей планетной системе, а также обратного влияния этой системы на само светило. Завершённое на данном этапе исследование уже позволяет математически рассчитать научно обоснованные прогнозы циклического изменения солнечной активности практически на любые сроки, следовательно, точно предсказывать земные процессы, запускаемые этими изменениями, например, пандемии, массовое размножение саранчи или катастрофические засухи. Вообще корреляция сроков многих глобальных процессов с циклами солнечной активности подмечена давно и на

феноменологическом уровне многократно описана в научной литературе. Однако причины и механизм этой цикличности до настоящего времени найти не удавалось, что во многом и сделали авторы. Попутно в работе был получен неожиданный результат, который ещё предстоит осмыслить. Оказалось, что уровень солнечной активности существенно зависит от взаимного расположения нескольких пар планет Солнечной системы. Это может означать, что наши исключительно наблюдательные предки заметили, как аспекты планет влияют на нас, и создали одну из древнейших наук – астрологию.

Как планеты управляют солнечной активностью¹

В.Г.Соколов, кандидат технических наук;

Л.В.Корси, математик

Многолетние наблюдения за количеством солнечных пятен и их последующая статистическая обработка привели к открытию ряда феноменологических законов, описывающих характерные пульсации солнечной активности, начиная с работ Швабе–Вольфа 1843 года [1–7]. Что касается существующих ныне теорий солнечного динамо, то хотя они и удовлетворительны по энергетике, но не позволяют рассчитывать амплитуды и даты характерных моментов циклов и осцилляций солнечной активности. Кроме того, эти теории не объясняют множественности солнечных циклов, что, в частности, не даёт возможности составлять долгосрочные прогнозы солнечной активности.

Со времён швейцарского астронома и математика Р.Вольфа (1816–1893) предпринимались многочисленные попытки связать солнечные циклы с расположением планет. Отмечалась близость основного периода солнечной активности примерно в 11 лет к периоду обращения Юпитера (ок. 12 л.), а

¹ Полная версия статьи будет представлена на сайте журнала после его выхода в свет, а в дальнейшем – и в очередном электронном «Ежегоднике-2015» на сайте «Дельфиса». – *Прим. ред.*

векового – к периоду обращения Урана (84 г.). Построение же теории солнечной активности на исключительно непосредственном воздействии гравитационного поля планет на Солнце (приливный механизм [8], блуждание центра тяжести Солнечной системы [9] и т.п.) заранее обречены на неудачу, так как это – линейные процессы, к тому же не учитывающие электромагнитный характер цикла и закон Хэйла – 22-летнюю смену магнитной полярности на Солнце [4]. Магнитный же цикл является единым процессом, а его внешние проявления – пятна, вспышки, протуберанцы и т.п. – тесно связаны с динамикой солнечных магнитных полей; причём период этого цикла в 22 года существенно отличается от периода обращения каждой из планет.

Проведённая авторами чрезвычайно трудоёмкая работа посвящена анализу большого объёма данных по солнечной активности, поиску статистических закономерностей и созданию эффективных методов аппроксимации рядов чисел Вольфа для тёмных пятен с целью их прогнозирования².

В результате были обнаружены совершенно новые закономерности. Оказалось, что **осцилляции и циклы среднемесячных и среднегодовых данных тесно связаны с конфигурациями планетных пар**, причём их воздействие осуществляется не только аддитивно (через учёт суммирования их влияний), но и мультипликативно (через введение в расчётные формулы процедуры умножения). Найденные статистические законы позволили создать математическую модель, использующую систему функций, аргументами которых являются **гелиоцентрические долготы планет**. Эта модель воспроизводит ряды Вольфа с высокой точностью на интервале **нескольких столетий и даже тысячелетий**, тем самым позволяя составлять долгосрочные прогнозы солнечной активности, геофизических, биологических и социальных явлений с недостижимой ранее точностью.

² Индекс, или число, Вольфа определяет количество групп тёмных пятен на Солнце за один день либо общее в них число пятен. – *Прим. ред.*

При анализе пятнообразовательной деятельности Солнца на протяжённом интервале были использованы ряды чисел Вольфа: имеющиеся ряды экстремумов 11-летних циклов для XII–XV и XVI–XVIII веков [1, 10], среднемесячные данные для XVIII–XX веков [1], ежедневные – для XX–XXI веков [11]. Один лишь беглый взгляд на ряд чисел Вольфа позволяет сделать вывод, что перед нами процесс полигармонический. Обычно для выделения скрытых периодичностей подобных рядов применяется так называемый анализ Фурье. Однако полученный при этом спектр Фурье не давал возможности сопоставить гармоники с теми или иными физическими факторами [10]. Этому мешали два обстоятельства: 1) числа Вольфа – одного знака, 2) найденные Фурье-гармоники для одного временного отрезка ряда Вольфа не сопоставляются с гармониками, выделенными на другом отрезке; они зачастую противофазны, что на суммарном отрезке приводит к их исчезновению.

Поэтому для статистического анализа удобнее было перейти от ряда Вольфа к некоторому ряду $H(t)$, где в явном виде имитируется 22-летний (хэйловский) цикл биполярных магнитных групп солнечных пятен. Аналогичные приёмы сделаны в работах [12]. Для учёта хэйловского эффекта изменения магнитной полярности была введена функция $H(t) = (-1)^N W(t)$, где N – номер 11-летнего цикла (в цюрихской нумерации); $W(t)$ – число Вольфа; максимумы нечётных циклов соответствуют минимумам, а чётных – максимумам функции $H(t)$. Для анализа был выбран отрезок ежемесячного ряда Вольфа с 13-го цикла по 22-й (1878–2000 гг.).

При анализе влияния конкретных планет известная методика (синхронное детектирование [13]) позволяла избавиться от помех со стороны других планет и прочих воздействий, которые происходят с иной частотой. Она заключается в вычислении средних значений рядов Вольфа для одних и тех же значений разности гелиоцентрических координат планет в выбранном временном диапазоне (1878–2000 гг., 13–22-й циклы). На рис. 1 представлен ход соответствующей кривой, полученной соединением средних значений плавной

линией. Кривая очень близка синусоиде, что подтверждено результатами Фурье-анализа: исследуемая функция от синусоиды отличается не более чем на процент.

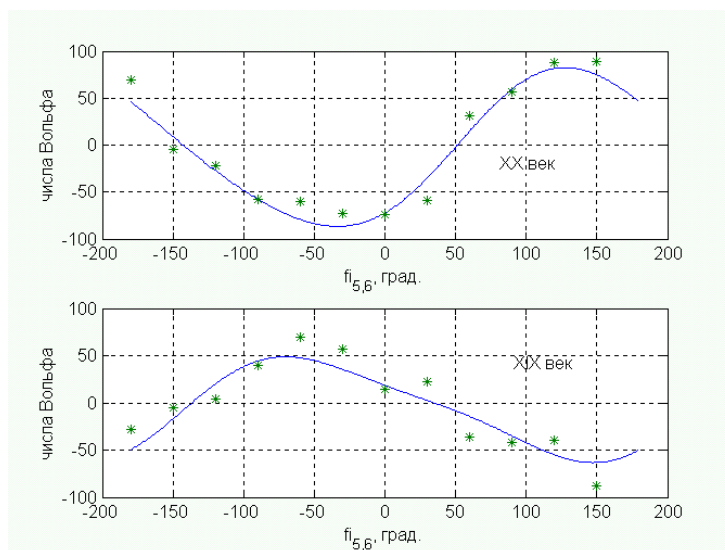


Рис. 1. Средние значения используемой функции $H(t)$ (*) в зависимости от разности гелиоцентрических координат Юпитера и Сатурна $\varphi_{5,6}$ (разность долгот планет с номерами i, j в порядке их удалённости от Солнца: Меркурий – 1, Венера – 2, Земля – 3, Марс – 4, Юпитер – 5, Сатурн – 6, Уран – 7, Нептун – 8). Верхний график – результат усреднения на интервале 1878–2000 гг.; нижний – на интервале 1800–1878 гг. Сплошные линии – согласно выведенным формулам

Наибольший вклад в солнечную активность вносят **пары** планет, отношения радиусов орбит которых близки к числу 2. Закономерность наблюдается и при сопоставлении конфигураций планет-гигантов (Юпитера и Сатурна, Урана и Нептуна) со среднегодовыми данными. Более того, подобное явление случается при сопоставлении среднемесячных данных по пятнам с конфигурациями планет земной группы (Меркурия, Венеры, Марса).

Интересно отметить, что максимальное влияние пары планет Юпитера и Сатурна на солнечную активность осуществляется не во время их соединения (0 град.) или противостояния (180 град.) и даже не при квадратурной конфигурации (90 град.), что как-то можно было бы интерпретировать с помощью приливного (гравитационного) механизма, а во время полуквадратур (45 град.). Обращает на себя внимание плавность действия такого планетного механизма на солнечный цикл. Происходит **постепенное** изменение характера воздействия, что указывает

на такое же изменение напряжённости и полярности межпланетного магнитного поля. Механизм – явно не взрывного характера.

Итак, циклы и осцилляции солнечной активности определяются **конфигурациями планетных пар**. Для одной пары используемая функция $H(t)$ пропорциональна выбранным синусоидальным функциям, для нескольких пар – это их сумма. Тем же методом была выявлена аналогичная закономерность в XIX веке (5–11 циклы). Получено, что наиболее существенный вклад для пары Юпитер–Сатурн вносит среднее значение указанной функции при среднем числе Вольфа на выбранном интервале циклов.

Стало ясно, что если в XX веке действовал один механизм, то в XIX – другой; как в XX, так и в XIX веке экстремумы оказываются в точках полуквадратур, но знак чётных и нечётных циклов меняется. Это указывает на существование **двухвекового цикла**, что проявляется и в модуляции амплитуд ряда Вольфа. Так что солнечная активность управляется произведением синусоидальных функций для пары Юпитер–Сатурн и Уран–Нептун. Эти две периферийные планетные пары осуществляют модуляцию воздействия центральных планетных пар (Меркурий–Венера, Земля–Марс) на солнечную активность.

Оказалось, нули и экстремумы функции $H(t)$ распределены так, что протяжённость 11-летних циклов, как о том свидетельствуют и наблюдения, обязана флуктуировать (рис. 2). Распределение интервалов между соседними минимумами циклов для 1500–2010 годов имеет максимальную продолжительность 13,6 года, минимальную – 8,7, среднее значение – 11,04 (со среднеквадратическим отклонением 1,29). Протяжённость хэйловского цикла (22,08 г.) также флуктурует, как и его среднее значение по числам Вольфа (22,08 г.), но не совпадает в точности со значением по планетным конфигурациям (для Юпитера–Сатурна это 19,86 г.). Подобное может сказать и двухвековой цикл (среднее значение – 196,18 г., а для Урана–Нептуна 171,4 г.). Это сигнализирует о том, что существует ещё и **тысячелетний цикл**, удлиняющий хэйловский и

двухвековой циклы. Средняя протяжённость тысячелетнего цикла, по солнечным данным последнего тысячелетия, составляет примерно 1360 лет.

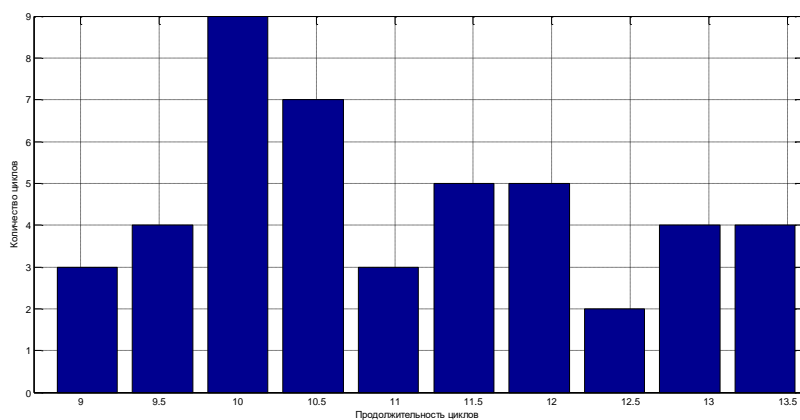


Рис. 2. Гистограмма продолжительности 11-летних циклов с 1500 по 2010 гг.

Проверка показала, что предложенная модель по четырём планетным парам позволяет построить удовлетворительную картину солнечной активности на 600-летнем (!) интервале (рис. 3).

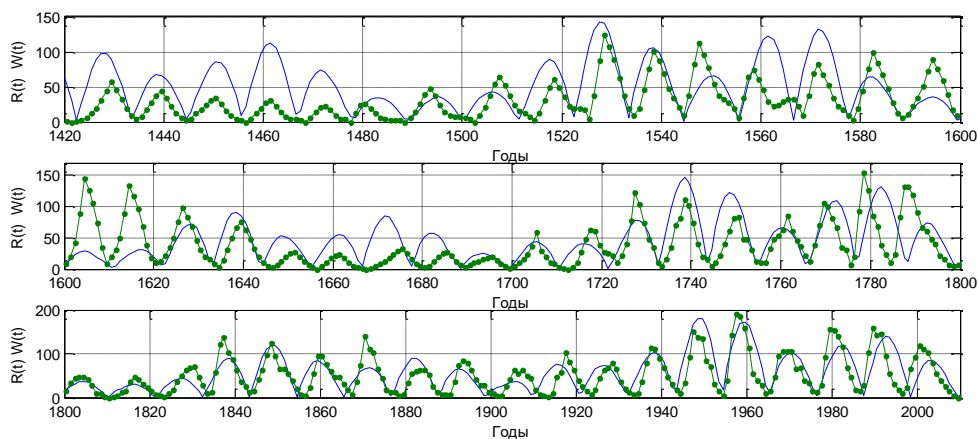


Рис. 3. Простейшая планетная модель солнечной активности на 600-летнем интервале (сплошная линия); среднегодовые числа Вольфа обозначены точками

Фурье-анализ и статистические исследования показали, что определённую роль играют гармоники как связанные с парами планет-гигантов для Юпитера–Сатурна, Сатурна–Урана, Урана–Нептуна, так и их всевозможные биения, в том

числе высокочастотные. Учёт всех этих периодичностей дал возможность найти более совершенную модель солнечной активности. Хотя система тригонометрических функций, аргументы которых равны разности гелиоцентрических координат, не является полной, это всё же позволило построить качественную модель физического процесса. В ней воспроизводятся минимумы 200-летнего цикла в начале XIX и XX веков и максимумы в середине XIX и XX веков. Высокая точность аппроксимации достигается на интервале XIX, XX и начала XXI веков. Значит, построенная система функций не является случайной, а описывает реальный физический процесс.

На рис. 4 представлен ряд Вольфа на почти тысячелетнем интервале. Результат планетной модели хорошо воспроизводит известные минимумы в 1200–1300, 1420–1500 годы, Маундера – в 1645–1720 годах. Эти минимумы прослеживаются на кривой изменения концентрации изотопа углерода C^{14} в годовых кольцах деревьев, китайских летописях и записях о полярных сияниях [14]. Так, Кассини и Флемстид наблюдали отдельные пятна на Солнце во время минимума Маундера в 1671, 1676, 1684 и 1705 годы. Но и построенная аппроксимация имеет ряд небольших максимумов чисел Вольфа (ниже 50) на границе XVII и XVIII веков. Воспроизведены и вековые максимумы начала XII, конца XIV и конца XVI веков, известные по радиоактивному изотопу углерода (погрешность наступления эпох минимумов и максимумов и амплитуд максимумов оценивается, соответственно, как 1,43 г., 1,47 г., 31,1 г.).

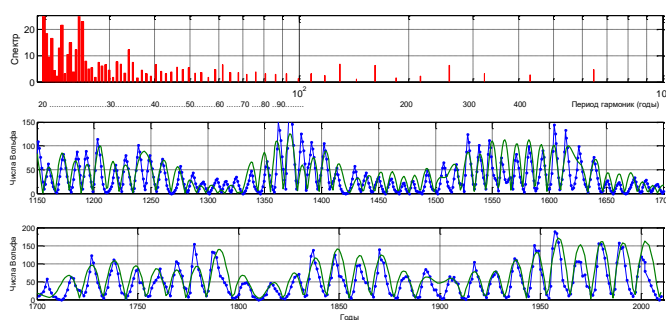


Рис. 4. Спектр Фурье-функции $H_I(t)$ (верхняя часть). Средняя и нижняя части: ряд Вольфа $W(t)$ (линия с точками) и результат обратного преобразования Фурье (сплошная линия)

В полученном спектре (см. рис. 4), в отличие от ряда Фурье, меньше шума, а значимые гармоники сконцентрированы, и хорошо видны 22-, 100-, 1000-летний циклы и 50-летняя осцилляция (знаменитый цикл Кондратьева в экономике? – *Ред.*).

Современное состояние методов прогноза солнечной активности представлено в работе [15], которая анализирует более 200 источников. Каковы успехи в этой области? Только две работы позволили предсказать амплитуду 24-го цикла с приемлемой точностью. Ни о каких более подробных среднесрочных прогнозах речь не идёт, тем более о 25-м (20-е гг. XXI в.) и последующих циклах. Что касается сверхдолгосрочных прогнозов, то следует заметить, что метод прогноза, предложенный Кимурой [16, 17] в начале прошлого века, практически основывается на одном из авторских соотношений. Неудовлетворительное качество его прогноза объясняется произвольностью выбора частот и фаз гармоник. В нашем случае частоты гармоник выбраны на основе выявленных статистических законов солнечной активности, а амплитуды являются решением предложенной системы уравнений на тысячелетнем интервале.

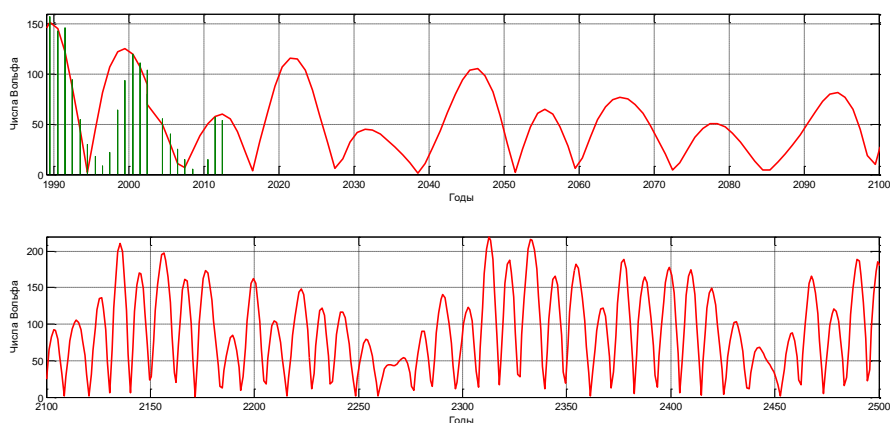


Рис. 5. Прогноз солнечной активности до 2500 г. с помощью оптимальной модели (сплошная линия); столбики – известные среднегодовые значения чисел Вольфа

На рис. 5 представлен прогноз солнечной активности на предстоящие 500 лет (24–67 циклы!). Среднегодовые данные прошлых лет отмечены столбиками.

Ближайший 24-й максимум 11-летнего цикла (2013 г.) и его оценка в числах Вольфа составляет примерно 60. **В целом XXI век, как и все последующие нечётные столетия, характеризуется сравнительно низким уровнем солнечной активности. В чётные века активность будет на уровне XX века и даже выше.** Впрочем, эта закономерность прослеживается на протяжении последних двух тысячелетий.

Таким образом, выстроенная авторами модель динамики солнечной активности на базе обнаруженных статистических законов показала высокое качество воспроизведения рядов Вольфа функциями, чьи аргументы – гелиоцентрические долготы планет. Это заставляет задуматься над физическим механизмом, обуславливающим циклическую деятельность Солнца расположением планет в пространстве относительно нашего светила. **Предлагается гипотеза, связывающая солнечную активность с потоками медленных заряженных частиц, управляемых планетами.** В отличие от мощных разнонаправленных потоков солнечного ветра эти слабые, возвращающиеся на Солнце потоки детерминированы, и их магнитные поля на протяжённых интервалах времени интегрируются в поверхностных слоях солнечной плазмы. Формируется глобальное магнитное поле напряжённостью примерно в один гаусс, запускающее солнечный цикл [5].

Магнитный 22-летний цикл Хэйла и характер выявленных закономерностей указывает на их **электромагнитную первопричину, на некие потоки заряженных частиц.** Трудно экспериментально зафиксировать эти слабые потоки на фоне интенсивных высокоэнергетических заряженных частиц, выбрасываемых Солнцем со скоростями в сотни километров в секунду. Мощные потоки солнечного ветра покидают Солнечную систему, взаимодействуя с магнитными полями планет. Но нас интересуют **медленные** частицы, энергия которых столь мала, что они, не отлетев далеко от Солнца, остаются в межпланетном пространстве. Эти частицы не взаимодействуют с магнитосферами планет, но заполняют межпланетное пространство и частично увлекаются на

орбиты вокруг планет. Взаимодействие орбитальных частиц между собой и с соседними планетами приводит к их частичному рассеянию, выбросу за пределы Солнечной системы и возвращению другой их группы с периферии в околосолнечное пространство. Как потоки заряженных частиц, движущиеся от Солнца, так и нисходящие потоки, к Солнцу, известны. Потоки частиц от Юпитера в направлении к центру системы регулярно регистрируются с 60-х годов XX века [18, 19, 20]. Связь нисходящих потоков заряженных частиц с солнечной активностью исследуется, в частности, в работе [21].

В формировании нисходящих потоков могут участвовать магнитные и гравитационные поля планет. Проведённые статистические исследования показали, что **поодиночке планеты не влияют на солнечный цикл**. Исключение составляет Меркурий, ближайший к нашему светилу и движущийся по эксцентричной орбите, имеющей значительный наклон к плоскости эклиптики – земной орбиты [13]. Практически формируют солнечные циклы со всеми характерными особенностями именно планетные **пары**. Причём характер этого воздействия не зависит от напряжённости магнитного поля планет, ориентации его и оси вращения планеты. Для всех планет закономерность одна и та же: имеет место гладкая функция от разности гелиоцентрических координат планет с экстремумами при 45 и 225 град.

Максимальное воздействие под углом 45 град., по представлениям авторов, является довольно странным фактом. Известно, что гравитационное и кулоновское воздействия максимальны, когда тела находятся на одной прямой; электромагнитные законы Фарадея приводят к углу 90 град.; угол же в 45 град. характерен для спирального движения и нередко фигурирует в гидродинамических процессах.

Наиболее вероятно, что **планеты участвуют в процессе управления потоками медленных заряженных частиц**. Такая общность может быть объяснена лишь одинаковой причиной воздействия планет на эти потоки –

гравитацией, которая является универсальным фактором и не зависит от природы планет, положения их оси вращения и других характеристик.

Авторами был проведён математический анализ дрейфа (в гравитационном поле планетной пары) некоторой группы холодных частиц, чьи орбиты лежат за круговыми орбитами рассматриваемой планетной пары (J и S на рис.6), а скорости таковы, что эти частицы в конце концов притягиваются в сторону Солнца (было принято, что, в соответствии с законом Тициуса-Боде, для пар соседних планет выполняется с удовлетворительной точностью условие удвоения их радиусов). Частицы могут двигаться как по часовой стрелке, так и против неё, и имеется некоторая асимметрия в концентрации подобным образом движущихся частиц, обусловленная, например, вращением Солнца.

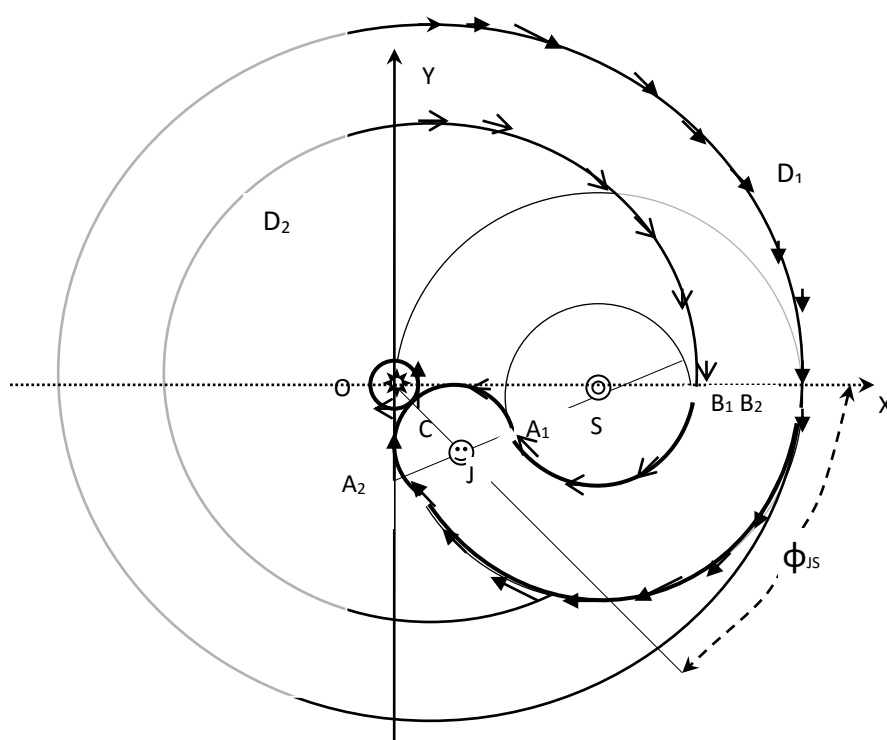


Рис. 6. Траектории движения двух потоков заряженных частиц в системе двух планет – J и S

Потенциальная энергия частиц обоих потоков, а следовательно, их скорость определяются удалённостью от Солнца (точки A_1 и A_2 на рис. 6). Кинетическая энергия частиц кольцевого околосолнечного тока обуславливается разностью гелиоцентрических координат планет (за вычетом угла 45 град.). Кольцевой ток

индуцирует компоненту магнитного поля, замороженную в поверхностных слоях солнечной плазмы.

Если в планетной системе имеется несколько пар планет, то появляется возможность действия двух разных механизмов перехода частиц от периферии к центру. Первый, аддитивный, заключается в том, что потоки, направляемые каждой парой, просто складываются с учётом знака и формируют суммарный околосолнечный кольцевой ток. Второй механизм, мультипликативный, обусловлен многокаскадным переходом частиц с одной периферической орбиты на другую. Внешняя пара планет переводит частицы с периферии Солнечной системы на орбиту, большую расстояния до Солнца внутренней пары, которая и осуществляет переход частиц в околосолнечное пространство.

Можно считать, что механизм формирования солнечных циклов подобен электрическому устройству, состоящему из четырёх генераторов, включённых по последовательно-параллельной схеме. Генераторами гармоник являются пары соседних планет. Электрическим агентом служит плазма – солнечные протоны. Низкочастотные гармоники модулируют высокочастотные. В результате согласованность высокочастотных гармоник ухудшается, в спектре появляются суммарные и разностные частоты, процесс становится полигармоническим.

Заключение

Авторами открыты и проверены на большом материале статистические законы, управляющие солнечной активностью, которые определяют амплитуду и фазу цикла в зависимости от **гелиоцентрических** долгот планет. Выяснено, что на солнечную активность влияют не отдельные планеты, а **планетные пары**, точнее, **их конфигурации**.

Модель воспроизводит частоту появления тёмных пятен на Солнце, то есть ряд чисел Вольфа, с такой высокой точностью, о которой не сообщалось ни в одном исследовании. Она пригодна для экстраполяции ряда Вольфа вне отрезка,

на котором уже известны среднегодовые числа Вольфа. Расчёты хорошо согласуются с результатами радиоуглеродного анализа колец деревьев и с другими геофизическими данными. Аналитическое продолжение позволяет заглянуть в будущее и создать новый метод долгосрочного прогноза солнечной активности, а следовательно, и глобальных событий на Земле.

Попутно предложен физический механизм солнечных циклов, заключающийся в формировании планетными парами и их комбинациями нисходящих потоков медленных заряженных частиц, то есть движущихся обратно к Солнцу. Магнитные поля, создаваемые потоками частиц, интегрируются в солнечной плазме и участвуют в создании дипольного меридионального поля Солнца, которое, используя энергетику дифференциального вращения нашей звезды, провоцирует возникновение на ней биполярных магнитных групп пятен, а также других проявлений солнечного цикла. Следовательно, действуют оба механизма солнечной активности: эндогенный, обеспечивающий энергетику цикла благодаря дифференциальному вращению светила, и планетный, управляющий потоками заряженных частиц, который синхронизирует динамику дипольного магнитного поля Солнца и его циклы.

Литература

1. *Витинский Ю.И.* Цикличность и прогнозы солнечной активности. Л.: Наука, 1973.
2. *Schwabe H.* Astr. Nachr., 1844, 21, 333.
3. *Sporer G.* Publ. Astr. Obs. Potsdam, 1894, 10, 144.
4. *Hale C.E.* Ap. J., 1913, 38, 27.
5. *Babcock H.W.* Ap. J., 1961, v. 133, #2, 572.
6. *Leighton R.B.* Ap. J., 1969, 156, 1.
7. *Dikpati M., Gilman P.A.* Simulating and Predicting Solar Cycles Using a Flux-Transport Dynamo. Ap. J., 2006, 649, 498.
8. *Trellis M.* C.R., 1966, 262, 221.

9. *Jose P.D. A. J.*, 1965, 70, 193.
10. *Витинский Ю., Конецкий М., Куклин Г.* Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца. М.: Физ.-мат. лит., 1986.
11. <http://www.sidc.be>
12. *Жуков Л.В., Музалевский Ю.С.* АЖ, 1969, 46, с. 600.
13. *Bigg E.K. A. J.*, 1967, v .72, # 4, 463.
14. *Эдди Дж.* Исторические свидетельства существования цикла солнечной активности / Поток энергии Солнца и его измерение. М.: Мир, 1980.
15. *Petrovay K.* Solar Cycle Prediction [arXiv:1012.5513](https://arxiv.org/abs/1012.5513) [pdf, ps, other]
16. *Kimura H. M. N.*, 1913, 73, 543.
17. *Витинский Ю.И.* Прогнозы солнечной активности. Л.: Наука, 1963.
18. *McDonald et al.* Geophys. Res., 1972, 77, 2213.
19. *Teegarden B.J. et al.* Geophys. Res., 1974, 79, 3615.
20. *Kennel C.F., Corontiti F.V.* Ann. Rev. Astron. Astrophys., 1977, 15, 389.
21. *Никулин И.Ф.* Влияют ли планеты на солнечную активность? / Циклы активности на Солнце и звёздах. М.: изд. ГАИШ, 2012, с. 271.
22. Солнечная и солнечно-земная физика. М.: Мир, 1980.
23. *Веселовский И.С., Кропоткин А.П.* Физика межпланетного и околоземного пространства. М.: МГУ, 2010.
24. *Hiroyuki Maehara и др.* Superflares on solar-type stars // Nature, 2012, May, 485, 478.
25. *Соколов В.Г., Корси Л.В.* Моделирование и прогнозирование солнечных циклов // Изд. Дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015.