

VI ежегодная научная конференция школьников Иркутской  
области "Человек и космос"

## **Солнечная активность**

Автор: Карловская Диана Николаевна  
8 «а» кл. СОШ №2 г. Усть-Илимска

Научный руководитель: Челпанов А.А.  
ИСЗФ СО РАН

Руководитель: Вильянен Н.Г.  
учитель физики СОШ №2 г. Усть-Илимска

г. Иркутск, 2016 г.

## Содержание

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                  | 3  |
| 1. Строение Солнца и основные процессы на его поверхности..... | 4  |
| 2. Солнечные ритмы.....                                        | 6  |
| 3. Описание солнечных пятен.....                               | 7  |
| 4. Активность Солнца в прошлом.....                            | 10 |
| 5. Солнечная активность в настоящее время.....                 | 13 |
| 6. Расчет чисел Вольфа.....                                    | 14 |
| Заключение.....                                                | 15 |
| Литература.....                                                | 15 |
| Приложения.....                                                | 16 |

## Введение

Все процессы, происходящие на Земле, так или иначе, связаны с нашим светилом – Солнцем. Само формирование планеты, зарождение на ней жизни невозможно без центральной звезды. Геологические и метеорологические процессы, снабжение теплом и светом, фотосинтез, являющийся важнейшей частью жизнедеятельности зеленых растений – все это дар Солнца. Солнце изучается давно и довольно пристально, о нем написано большое количество научных трудов. Описаны практически все процессы, происходящие на нем, но по-прежнему наше центральное светило вызывает непреходящий интерес, т.к. является не только центром нашей планетарной системы, но и определяет качество и саму возможность жизни. Пока не понятными остаются не только причины изменяющейся активности Солнца, но и сам механизм этих изменений.

Активность Солнца определяется числом пятен на его поверхности и может быть выражена так называемым числом Вольфа. Одиннадцатилетний цикл активности известен давно, но и сам этот цикл подвержен вариациям – известны периоды, когда пик активности в 11-летних циклах проявлялся слабо. По мнению ученых, за последние 8000 лет имели место быть выявлено 18 минимумов активности Солнца. Наиболее известные из них — минимум Шперера (1450-1540), минимум Маундера (1645–1715) и минимум Дальтона (1790-1820). Существует мнение, согласно которому Солнце, прошедшее в 2014 году пик очередного 11-летнего цикла активности, входит в новый глубокий минимум, грозящий Земле наступлением очередного малого ледникового периода. Этим обусловлена актуальность нашей темы.

Цель нашей работы: рассчитать числа Вольфа за январь и февраль 2016 года. Для этого мы поставили следующие задачи:

1. Изучить строение, основные проявления активности Солнца.
2. Изучить показатели активности Солнца за предыдущие годы.
3. Изучить алгоритм вычисления чисел Вольфа.

4. Рассчитать числа Вольфа на январь и февраль 2016 года по материалам сайта «Тесис».
5. Построить график солнечной активности на основании вычислений.

Методы исследований:

- общелогические: анализ, синтез (научной литературы);
- экспериментальный: наблюдение, подсчет (числа пятен и групп пятен на изображении Солнца);
- расчетно-конструктивный: расчет чисел Вольфа, построение графика, прогнозирование.

## **1. Строение Солнца и основные процессы на его поверхности.**

Строение Солнца: внутреннее строение Солнца включает следующие области: ядро, зону лучистого переноса, зону конвективного переноса, фотосферу и атмосферу.

Атмосфера Солнца условно делится на хромосферу, которая простирается на высоту 10-14 тыс. км, и корону, заходящую за орбиту Земли в сильно разреженном состоянии [1].

На видимой поверхности нашей звезды самыми замечательными процессами являются:

- факелы – детали более светлые, а значит, и более горячие. Факелы возникают незадолго до появления солнечных пятен и существуют в среднем в три раза дольше пятен;

- солнечные пятна – непостоянные, изменчивые детали фотосферы, ее области с пониженной на 1000-1500°C температурой, поэтому кажущиеся более темными. Образуются на месте факелов, существуют от нескольких дней до нескольких месяцев. Образуются в результате закручивания магнитного поля Солнца;

- хромосферные вспышки, продолжающиеся от нескольких минут до нескольких часов. Обычно появляются над пятнами, особенно

быстроменяющимися. Вспышки представляют собой взрывные процессы, в которых высвобождается энергия магнитного поля пятен. Сопровождаются мощным ультрафиолетовым, рентгеновским и радиоизлучением. В окружающее пространство со скоростью около 7000 км/с выбрасывается огромное количество плазмы. Такой поток, если не встретит препятствий, на вторые сутки долетит до Земли, а за большие сроки и до более далеких планет. Через корпускулярные потоки (но не только через них) мы связаны непосредственно с Солнцем и до нас доходит солнечное вещество.

- флоккулы («фонтаны») и протуберанцы – колоссальные выплески солнечной плазмы. Могут вернуться назад, но могут и рассеяться в пространстве – т.н. эруптивные протуберанцы.

Комплекс нестационарных образований в атмосфере Солнца (факелы, пятна, протуберанцы, вспышки и др.) называют солнечной активностью. Области на Солнце, где наблюдаются проявления солнечной активности, называют центрами активности. Центры активности, зарождаясь на некоторой глубине под фотосферой, простираются в виде нескольких ярусов далеко в солнечную корону. Связующее звено между этими ярусами – магнитное поле.

Кроме корпускулярных потоков, Солнце непрерывно и равномерно со всей своей поверхности выбрасывает в пространство сравнительно медленные корпускулы. Их скорость близка к 300–500 км/сек, и они образуют то, что современные астрофизики называют солнечным ветром[5].

В ядре Солнца происходят термоядерные реакции, которые и являются источником его энергии. Водород превращается в гелий, при этом выделяется колоссальное количество энергии в виде  $\gamma$ -квантов. Побочными продуктами реакции являются позитрон и нейтрино. Четыре протона дают начало одному ядру гелия, двум позитронам и двум нейтрино. Позитроны аннигилируют с электронами, а нейтрино покидают Солнце, практически не реагируя с его веществом[8].

## 2. Солнечные ритмы

Солнце — очень устойчивый энергетический механизм. В целом его излучение почти постоянно, но подвержено, хотя и небольшим, но сложным периодическим колебаниям. Самый короткий, 27-дневный солнечный цикл — средний период оборота Солнца вокруг оси.

Второй цикл связан с образованием солнечных пятен. В 1852 году Рудольф Вольф установил, что максимальное количество пятен заполняет солнечный диск каждые 11,1 года, обнаружил связи солнечной активности с полярными сияниями, магнитными бурями и другими явлениями на Земле. Нарастание солнечной активности идет несколько быстрее, чем ее спад. Но это характерно только в среднем. В каждом отдельном случае могут наблюдаться заметные отклонения от этого общего правила.

После каждого минимума солнечной активности, когда нередко на Солнце в течение многих дней не наблюдается ни одного пятна, начинается новое, очередное повышение активности. Сначала пятна нового цикла появляются сравнительно далеко по обе стороны от солнечного экватора. Затем с каждым годом они спускаются всё ближе и ближе к экватору. И, наконец, окончание очередного цикла знаменуется появлением пятен лишь вблизи солнечного экватора. Эта закономерность еще в позапрошлом веке была открыта немецким астрономом М. Шперером. Если ежегодно наносить на график точки, отмечающие районы появления солнечных пятен, получится картина, названная «диаграммой бабочек» [1].

Как уже говорилось, солнечные пятна возникают парами, а каждое пятно — это очень мощный магнит. В каждой паре пятен оба пятна имеют разную полярность. Распределение полярностей сохраняется на протяжении всего цикла для всех пар пятен данного полушария Солнца. В новом цикле меняется полярность пятен в обоих полушариях Солнца. Через 11 лет произойдет новая смена полярностей, а значит, восстановится картина, которая наблюдалась за 22 года до этого. Вот почему можно говорить еще об одном, 22-летнем цикле солнечной активности.

В конце XIX века астрофизик А. П. Ганский открыл 80-летний или так называемый вековой солнечный цикл. Его можно проследить по древним хроникам, свидетельствующим о том, что примерно раз в 80–90 лет солнечная активность была особенно высокой. Реальность этого цикла подтверждается и другими данными.

Когда Солнце активно, оно выбрасывает в межпланетное пространство гораздо большее количество корпускул, чем в «спокойные» годы. В 1949 году советский астроном Б. М. Рубашев исследовал каталог, в котором регистрировались открытия комет с I по XIX век н.э. Выявилась любопытная закономерность — примерно раз в 600 лет количество открываемых комет было особенно большим. Другой советский исследователь — И. В. Максимов открыл ту же 600-летнюю периодичность в толщине годовых слоев различных деревьев. Напрашивается вывод, что прирост древесины особенно велик в годы активности Солнца. Это верно и для 11-летнего цикла и для цикла 600-летнего, реальность которого ныне бесспорна.

Есть ли еще более продолжительные циклы? Окончательного ответа на этот вопрос пока нет. По некоторым данным, намечается цикл продолжительностью 1800 лет.

К сожалению, до сих пор мы не знаем причин, порождающих солнечные ритмы. Гипотез предложено немало, но ведь их обилие всегда служит признаком недостатка точного знания. Одно бесспорно: ни Земля, ни ее биосфера, ни человек не могут оставаться безразличными к солнечным ритмам [2].

### **3. Описание солнечных пятен**

Солнечные пятна — тёмные области на Солнце, температура которых понижена примерно на 1500 К по сравнению с окружающими участками фотосферы. Наблюдаются на диске Солнца в виде тёмных пятен. Солнечные пятна являются областями выхода в фотосферу сильных магнитных полей. Потемнение фотосферы в пятнах обусловлено подавлением магнитным

полем конвективных движений вещества и, как следствие, снижением потока переноса тепловой энергии в этих областях. Количество пятен на Солнце (и связанное с ним число Вольфа) — один из главных показателей солнечной магнитной активности.

Первые сообщения о пятнах на Солнце относятся к наблюдениям 800 года до н. э. в Китае, впервые пятна были зарисованы в 1128 году в хронике Иоанна Вустерского. Изобретение телескопа в 1610 году позволило Галилею, Томасу Хэрриоту, Кристофу Шейнеру и другим учёным рассмотреть солнечные пятна. Галилей, по-видимому, первым среди исследователей признал пятна частью солнечной структуры. Это предположение позволило Галилею открыть вращение Солнца и вычислить его период. Первоначальные исследования фокусировались на природе пятен и их поведении. Несмотря на то, что физическая природа пятен оставалась неясной вплоть до XX века, наблюдения продолжались. К XIX веку уже имелся достаточно продолжительный ряд наблюдений числа пятен, чтобы определить периодические циклы в активности Солнца.

Пятна возникают в результате возмущений отдельных участков магнитного поля Солнца. В начале этого процесса пучок магнитных линий «прорывается» сквозь фотосферу в область короны и тормозит конвекционное движение плазмы в грануляционных ячейках, препятствуя в этих местах переносу энергии из внутренних областей наружу. Первым в этом месте возникает факел, чуть позже и западнее — маленькая точка, называемая пором, размером несколько тысяч километров. В течение нескольких часов величина магнитной индукции растёт (при начальных значениях 0,1 тесла), и размер и количество пор увеличивается. Они сливаются друг с другом и формируют одно или несколько пятен. В период наибольшей активности пятен величина магнитной индукции может достигать 0,4 тесла.

Пятна обычно формируются группами, однако иногда возникает одиночное пятно, живущее всего несколько дней, или два пятна, с

направленными из одного в другое магнитными линиями. Первое возникшее в такой двойной группе называется Р-пятно (англ. preceding) старейшее — F-пятно (англ. following). Только половина пятен живут больше двух дней, и всего десятая часть переживает 11-дневный порог. Группы пятен всегда вытягиваются параллельно солнечному экватору. Средняя температура поверхности Солнца около  $6000^{\circ}$ . Центральная, самая темная, область пятен имеет температуру всего около  $4000^{\circ}\text{C}$ , наружные области пятен, граничащие с нормальной поверхностью, — от  $5000$  до  $5500^{\circ}\text{C}$ . Именно из-за этой разницы температур при наблюдении и возникает ощущение, что пятна темные, почти черные, хотя на самом деле они тоже светятся, однако их свечение теряется на фоне более яркого солнечного диска.

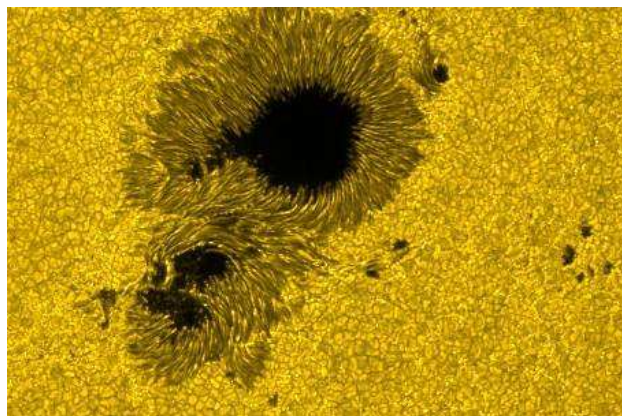


Рис.1 Солнечное пятно

Пятна — области наибольшей активности на Солнце. В случае если пятен много, то существует высокая вероятность того, что произойдет пересоединение магнитных линий — линии, проходящие внутри одной группы пятен, рекомбинируют с линиями из другой группы пятен, имеющими противоположную полярность. Видимым результатом этого процесса является солнечная вспышка. Всплеск излучения, достигая Земли, вызывает сильные возмущения ее магнитного поля, нарушает работу спутников и даже оказывает влияние на расположенные на планете объекты.

Пятна классифицируют в зависимости от срока жизни, размера, расположения. Самые крупные группы пятен всегда имеют связанную группу в другом полушарии (северном или южном). Магнитные линии в таких случаях выходят из пятен в одном полушарии и входят в пятна в другом.

Хотя в среднем цикл солнечной активности длится около 11 лет, бывают циклы длиной от 9 до 14 лет. Средние значения также меняются на

протяжении столетий. Так, в XX веке средняя длина цикла составила 10,2 года.

Форма цикла непостоянна. Швейцарский астроном Макс Вальдмайер утверждал, что переход от минимума к максимуму солнечной активности происходит тем быстрее, чем больше максимальное количество солнечных пятен, зарегистрированное в этом цикле (т. н. «правило Вальдмайера»). В прошлом началом цикла считался момент, когда солнечная активность пребывала в точке своего минимума. Благодаря современным методам измерений стало возможно определять изменение полярности солнечного магнитного поля, поэтому сейчас за начало цикла принимают момент изменения полярности пятен. Циклы идентифицируются по порядковому номеру, начиная с первого, отмеченного в 1749 И. Вольфом.

#### **4. Активность Солнца в прошлом.**

Восстановление индексов солнечной активности прошлого производится опосредовано с помощью палеодендрологии и радиоизотопного анализа. В верхних слоях атмосферы под воздействием галактических лучей из азота образуется радиоактивный изотоп углерода  $^{14}\text{C}$ , который, окисляясь, превращается в углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ). Кроме  $^{14}\text{C}$  углекислый газ содержит два стабильных изотопа углерода –  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$ . Изотоп  $^{14}\text{C}$  из верхних слоев атмосферы распространяется по всему ее объему и поступает в гидросферу. Объем продуцированного изотопа  $^{14}\text{C}$  зависит от интенсивности галактических лучей. В атмосфере интенсивность галактических лучей зависит от напряженности геомагнитного поля и солнечной активности. Геомагнитное поле как бы экранирует от них атмосферу Земли. Чем выше напряженность геомагнитного поля, тем ниже интенсивности космических лучей в атмосфере и ниже объем продуцированного ими  $^{14}\text{C}$  и наоборот. Вариации солнечной активности меняют величину напряженности геомагнитного поля. Чем выше солнечная активность, тем выше напряженность геомагнитного поля и наоборот.

Соответственно меняется и объем продуцированного изотопа  $^{14}\text{C}$ . Это же относится и к изотопу бериллия  $^{10}\text{Be}$ . Чем выше активность Солнца, тем больше на нем пятен. Эти физические взаимосвязи как раз и определили зависимость числа солнечных пятен и концентрации изотопов  $^{14}\text{C}$  и  $^{10}\text{Be}$  в природных архивах. Для  $^{14}\text{C}$  это, в основном, древесина годовых колец деревьев, для  $^{10}\text{Be}$  – годовые слои полярных льдов.

В 70-х годах появились первые протяженные ряды оценок концентрации изотопов  $^{14}\text{C}$  в  $\text{CO}_2$  атмосферы, полученные по данным дендрохронологии. Было установлено, что минимумам Маундера и Дальтона действительно соответствуют максимумы этого параметра. Таким образом, появилась возможность реконструировать солнечную активность в прошлом. По результатам реконструкции выделены минимумы солнечной активности: Шперера – 1450-1550 годы, Вольфа – 1280-1350 годы, Оорта – 1040-1080 годы. Они показаны на рисунке 4. На кривой вариаций  $^{14}\text{C}$  не проявился минимум Дальтона. Реконструкции солнечной активности для Голоцена выполнены только по  $^{14}\text{C}$  [5].

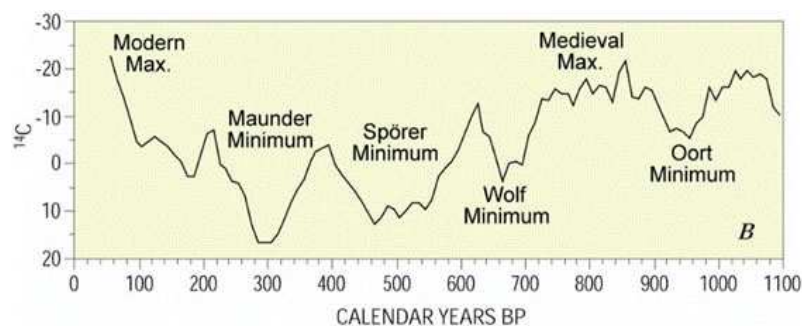


Рисунок 2. Содержание  $^{14}\text{C}$  последнего тысячелетия с элементами реконструкции солнечной активности.

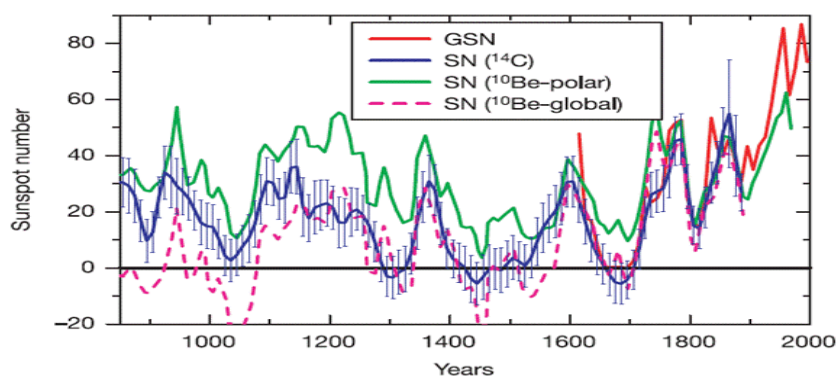


Рисунок 3. Сопоставление количества солнечных пятен (GSN), содержания изотопов  $^{14}\text{C}$  в древесине и  $^{10}\text{Be}$  в полярных льдах для периода 850-2000 годов.

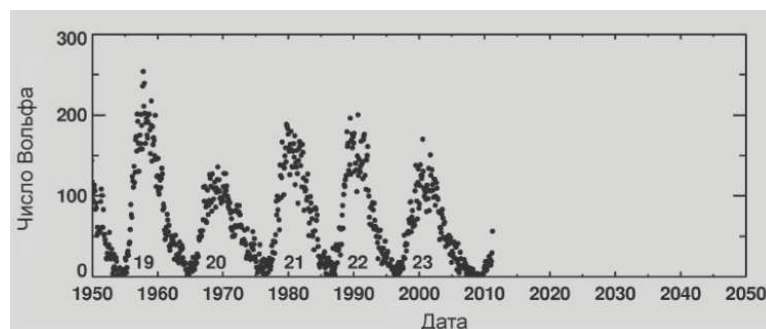


Рис.3 Числа Вольфа, измеренные с 1950 по 2012 год обсерваторией г.Цюрих

Числа ЧЧЧЧЧЧ Вольфа, измеренные с 1950 по 2012 год обсерваторией города Цюрих (Швейцария). Значения соответствуют циклам с 19 по 24.

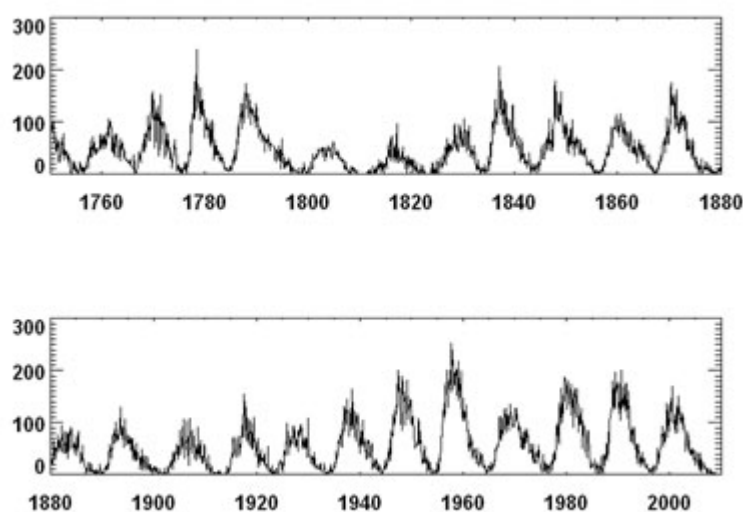


Рис.4 График зависимости солнечной активности с момента начала постоянных наблюдений. Видны все 23 солнечных цикла // spaceweather.com

Предпоследний 23-й цикл солнечной активности начался в мае 1996 года и завершился в декабре 2008 года. Он продолжался 12,6 года. Максимум сглаженных среднемесячных чисел Вольфа за время цикла равнялся 120,8, а минимум — 1,7. В общей сложности, по данным сайта «Тесис» ([http://www.thesis.lebedev.ru/info/thesis\\_20120814.php](http://www.thesis.lebedev.ru/info/thesis_20120814.php)) 820 дней цикла пятен на Солнце не наблюдалось.

Максимум 23-го цикла пришелся на 2001 год, и нетрудно заметить, что следующего максимума можно было ожидать в 2012 году. Расчетный минимум (то есть окончание 23-го цикла и начало 24-го) приходился на

2006–2007 годы, после чего должен был начаться плавный подъем. Но на деле этого не произошло. Вместо плавного подъема наблюдался совершенно непонятный плавный спад, а в 2008–2009 году был глубочайший минимум активности Солнца, когда она буквально ушла в ноль. Обычно минимум проходит выше нулевой отметки, а тут наблюдался очень редкий минимум. Со второй половины 2009 года на Солнце начал регистрироваться новый рост активности.

Исходя из данных, 23 цикл был длиннее среднего (11,2) значения продолжительности циклов, солнечная активность была на уровне средней. Анализируя список солнечных циклов (приложение 1) мы пришли к выводу, что за циклом, продолжительность которого больше средней, следуют циклы с пониженной солнечной активностью. Исходя из этого, 24 цикл должен характеризоваться несколько сниженной активностью Солнца.

## **5. Солнечная активность в настоящее время.**

Текущий 24 цикл солнечной активности начался в январе 2009 года. На 2012-2013 годы приходится максимум данного цикла. Тихий солнечный максимум показывает, что Солнце ведет себя нестандартно.

Отмечена еще одна важная особенность: в последних двух солнечных максимумах, в 1989 и 2001 годах, был не один, а два пика. Солнечная активность шла вверх, достигала кульминации, а затем шла на спад, выполняя мини-цикл, который длился около двух лет. То же самое наблюдается и в 24 цикле. Солнечная активность подскочила в 2011 году, но резко провалилась в 2012, еще один пик наблюдался в 2014.

Отмечено сходство между 24-м и 14-м циклами солнечной активности, который имел двойной пик в первом десятилетии 20-го века [6].

Средний уровень солнечной активности продолжает оставаться на одном из самых низких за 300 лет значений, соответствующих последнему крупному сбою цикла — минимуму Дальтона.

## 5. Расчет чисел Вольфа.

Наиболее общепринятым индексом, характеризующим пятенную активность Солнца, является число Вольфа (W). Его регулярные определения ведутся с 1849 года, а восстановленные значения есть с 1700 года. Число Вольфа определяется как сумма числа пятен (s) и удесятеренного числа групп пятен (g).

$$W = K(10g + s) \quad (1)$$

K – коэффициент, близкий к 1 (чаще  $K < 1$ ). Для каждого телескопа он свой и вводится для приведения в единую систему наблюдения на разных телескопах.

В мировой практике используют суточные, среднемесячные и среднегодовые значения чисел Вольфа [4].

Мы рассчитали значения чисел Вольфа за каждый день января-февраля 2016 года и построили график (приложение 1). Обработка данных производилась с помощью электронной таблицы Microsoft Excel, заложенных в ней стандартных алгоритмов оптимизации и написанных макросов для автоматизации обработки. Были составлены таблицы пятен на Солнце и числа групп пятен за каждый день января-февраля 2016 года. В составленных таблицах были посчитаны по вышеприведенной формуле числа Вольфа. В графике разрыв за 12, 13, 14, 15 февраля, т.к. за эти дни на сайте ТЕСИС нет данных по количеству пятен и групп пятен.

Для выяснения линии тренда по графику произведена аппроксимация данных полиномом четвертой степени. Из графиков видно, что солнечная активность идет на спад.

## **Заключение.**

Безусловно, и зарождением, развитием жизни до уровня разумной мы обязаны Солнцу. Познавая его ритмы, мы можем прогнозировать изменение климата, нашествие вредителей, наступление эпидемий. Это позволит заранее подготовиться к трудностям и катаклизмам, что, в свою очередь, уменьшит количество жертв и страданий.

Наше исследование показало, что пик солнечной активности пройден, и кривая графика постепенно идет на спад.

Познавая тайны солнечно-земных связей, мы сможем наиболее разумно использовать все то, что дарит нам наше светило!

## **Литература**

1. Э.С.Казимировский. Планета в космической плазме. Гидрометеиздат, 1990.
2. Ф.Ю.Зигель. Виновато Солнце. <http://lib.rus.ec/b/236941/read>
3. А.Л.Чижевский. Солнце и мы. М., Знание, 1963.
4. Н.Н.Степанян. Наблюдаем Солнце. М.; Наука, 1992 г.
5. А.М.Тюрин. Солнечные пятна восточных астрономов.  
[http://new.chronologia.org/volume11/turin\\_sun.php](http://new.chronologia.org/volume11/turin_sun.php)
6. [http://www.gazeta.ru/science/2012/08/15\\_a\\_4727265.shtml](http://www.gazeta.ru/science/2012/08/15_a_4727265.shtml)
7. Е.П.Левитан. Астрономия. М., Просвещение, 1994.
8. Данные об активности Солнца  
<http://www.swpc.noaa.gov/ftpdir/latest/DSD.txt>
9. Геомагнитная активность <http://www.swpc.noaa.gov/ftpdir/latest/DGD.txt>
10. А. Левин. Путешествие из центра Солнца.  
<http://www.popmech.ru/article/3618-puteshestvie-iz-tsentra-solntsa/>
11. К.С. Лосев “Климат: вчера, сегодня... и завтра?”

## Приложение 1

| месяц            | январь |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| число            | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| Количество групп | 1      | 3  | 4  | 3  | 4  | 2  | 3  | 4  | 6  | 6  | 5  | 3  | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  |
| Количество пятен | 8      | 10 | 12 | 20 | 20 | 9  | 8  | 17 | 20 | 24 | 23 | 11 | 9  | 6  | 6  | 8  | 8  | 8  | 8  | 15 | 19 |
| Число Вольфа     | 18     | 40 | 52 | 50 | 60 | 29 | 38 | 57 | 80 | 84 | 73 | 41 | 29 | 26 | 36 | 38 | 38 | 48 | 48 | 55 | 59 |

| месяц            | январь |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | февраль |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
|------------------|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|
| число            | 22     | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1  | 2       | 3  | 4  | 5  | 6   | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 |
| Количество групп | 3      | 3  | 3  | 2  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  | 3  | 3       | 4  | 5  | 6  | 7   | 4  | 5  | 5  | 5  |    |
| Количество пятен | 26     | 20 | 24 | 27 | 18 | 21 | 35 | 34 | 19 | 10 | 9  | 12      | 12 | 8  | 35 | 43  | 31 | 34 | 32 | 29 |    |
| Число Вольфа     | 56     | 50 | 54 | 47 | 58 | 61 | 75 | 64 | 49 | 30 | 39 | 42      | 52 | 78 | 95 | 113 | 71 | 84 | 82 | 79 |    |

| месяц            | февраль |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |
|------------------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|
| число            | 12      | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |  |  |  |
| Количество групп |         |    |    | 5  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 2  | 2  | 3  | 2  | 3  | 2  | 2  |  |  |  |
| Количество пятен |         |    |    | 34 | 18 | 19 | 20 | 15 | 12 | 16 | 17 | 9  | 7  | 9  | 6  | 11 | 17 | 18 |  |  |  |
| Число Вольфа     |         |    |    | 84 | 48 | 49 | 60 | 45 | 42 | 46 | 47 | 29 | 27 | 39 | 26 | 41 | 37 | 38 |  |  |  |

