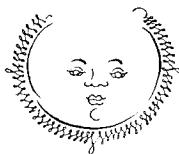


ультрафиолетовой радиации и заряженных частиц, а с другой стороны — исследования опосредованного процесса «Солнце — тропосфера — жизнь».

Из всех компонентов активного солнечного излучения в настоящее время наиболее существенным может быть признан корпускулярный поток. Его приход производит на Земле столь многообразные действия, что биосфера не может остаться к этому безучастной. Оставляя в стороне вопрос о непосредственном влиянии электрических и магнитных возмущений, следует очень тщательно проанализировать вызываемые корпускулами изменения общей циркуляции земной атмосферы.

Совместные исследования астрономов, биологов и синоптиков не только будут способствовать разработке методов прогнозирования важных для земной жизни событий, но и откроют много интересных процессов в живых системах.



И. П. Дружинин, Н. В. Хамьянова

## РЕЗКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ПЕРЕЛОМЫ ХОДА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ



Следование солнечно-геофизических связей имеет большое научное и практическое значение. К настоящему времени установлено, что ход целого ряда геофизических процессов параллелен солнечной активности (здесь и ниже солнечная активность характеризуется относительным числом солнечных пятен —  $W$ ) и в значительной степени определяется ею. Это относится к изменениям ионосферы, полярных сияний, активности земного магнитного поля, земных токов, мощных высотных барических образований и др.

В последние годы получены новые данные о влиянии солнечной активности на плотность и протяженность верхней атмосферы и на количество заряженных частиц в околосземном пространстве. Привлекает внимание гипотеза Б. Л. Дзердзеевского о влиянии магнитного поля Земли на атмосферную циркуляцию и др. Наличие регулярного воздействия солнечной активности на процессы в тропосфере и гидросфере еще твердо не установлено, хотя известно частичное влияние солнечной активности.

Значительное место среди воздействий солнечной активности на жизнь Земли и околосземное пространство, по нашему мнению, занимают еще почти совершенно не изученные воздействия ударного типа,

обуславливающие кратковременные солнечно-геофизические связи, проявляющиеся в ограниченные по длительности отрезки времени. Например, установлено, что солнечный ветер, вторгаясь в электромагнитосферу, создает вначале ударную волну. При высотном радиозондировании атмосферы в ряде случаев обнаружено, что после сильных возмущений на Солнце температура на высотах 27—30 км поднималась с —60 до —18°, достигая наиболее высоких для этих высот значений. Вслед за таким скачкообразным повышением температуры отмечалось, что воздушные течения над полярными районами меняли свое направление на противоположное, а также наблюдались жестокие штормы над Атлантикой и сильнейшие снегопады. Известно, что в ряде случаев наибольшее влияние на течение сердечно-сосудистых заболеваний оказывает не абсолютная величина, показателей солнечной активности, а темп их роста. Среди названных примеров весьма интересной является смена направлений воздушных потоков, в том числе и на противоположные, отмеченная после сильных возмущений на Солнце. Это вполне согласуется с результатами наших исследований частичных солнечно-геофизических связей, которые дают все больше оснований отнести эти связи к ударным, так как рассматриваемые воздействия солнечной активности на ход геофизических процессов в многолетнем разрезе обнаруживаются в годы наиболее резких изменений ее. За количественные характеристики силы «удара» на данном этапе исследований принимаются абсолютные величины градиента относительных чисел солнечных пятен в смежные годы.

В настоящее время имеются основания предполагать, что существует закономерность одновременного перелома в ходе геофизических процессов в многолетнем разрезе. Ее основное свойство заключается в том, что в непосредственной близости от лет с резкими изменениями солнечной активности ход геофизических процессов меняется на обратный.

За рассматриваемый промежуток времени резкие изменения солнечной активности наблюдались в 1815—1818—1821 (максимум — в 1818), 1826—1828

(1826), 1831—1833 (1831), 1835—1836 (1836), 1838—1840 (1838), 1845—1848 (1847), 1849—1850 (1850), 1854, 1857—1859 (1859), 1861—1862 (1862), 1865—1866 (1865), 1868—1870 (1870), 1871, 1873—1875 (1873), 1878, 1880—1881 (1880), 1886, 1891—1892 (1892), 1895—1897 (1896), 1899, 1901, 1903—1905 (1905), 1906, 1907, 1908, 1910, 1914—1917 (1915, 1917), 1918—1920 (1918, 1920), 1925—1926 (1925), 1929—1931 (1930), 1935—1937 (1936), 1939—1941 (1939, 1940), 1945—1947 (1946, 1947), 1948, 1950, 1952, 1955—1957 (1956), 1959—1961 (1961) гг.

Величина изменений, знаки, порядок следования друг за другом и т. д. приведены на рисунке 1 (кривая 2 и условная линейка 5). В ряде случаев для тех же целей могут быть использованы даты переломов разностной интегральной кривой (на кривой 3 рис. 1 обозначены крестиками и условной линейкой 4). По кривой 2 видно, что характер изменений солнечной активности в различные годы далеко не одинаков. Вероятно, и характер воздействия рассматриваемых изменений на геофизические процессы не может быть одинаковым. Однако этот вопрос пока еще не изучен, и поэтому ниже приводится лишь схематический анализ, причем изменения солнечной активности пока характеризуются лишь условной линейкой 5 (см. рис. 1). Главными из них считаются максимальные по абсолютной величине приращения (темные прямоугольники), а второстепенными — относительно большие приращения (того же знака, что и максимальные) на той же ветви 11-летнего цикла.

«Ударное» воздействие солнечной активности должно отразиться на ходе многих процессов. Поэтому для доказательства существования частичных солнечно-геофизических связей ударного типа необходимо обнаружить эти воздействия на многие процессы. Это может дать ценные результаты еще до раскрытия механизма взаимодействия.

С этой точки зрения представляет интерес анализ различных по масштабу процессов. В качестве примера, на котором схематично может быть показано влияние резких изменений солнечной активности на земной шар, целесообразно рассмотреть изменения

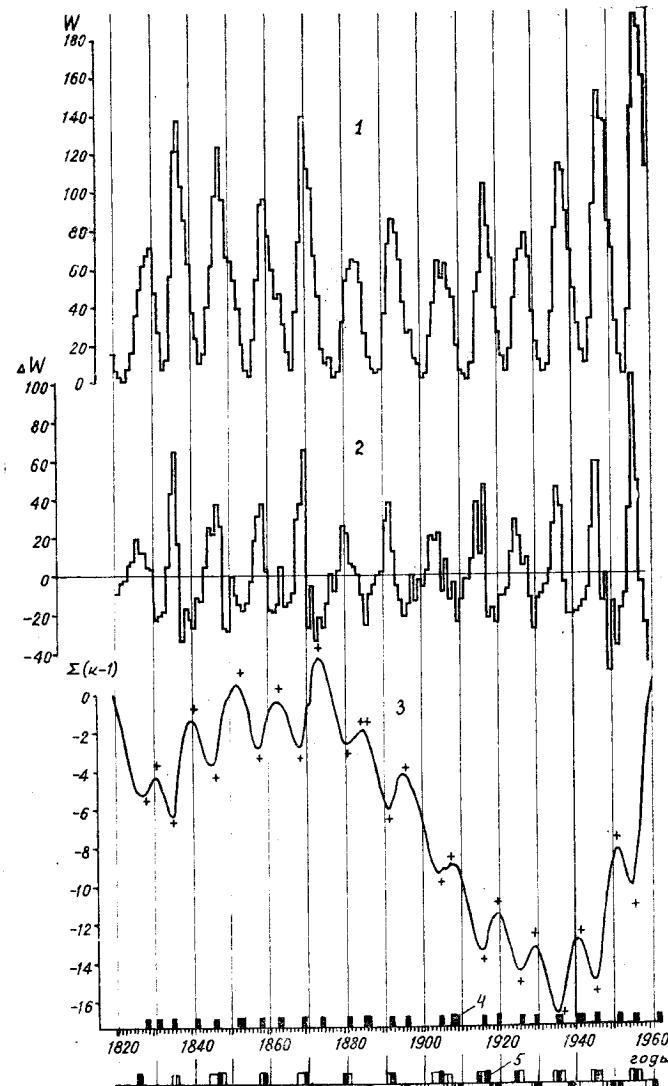


Рис. 1. Характеристики колебаний солнечной активности.

1 — среднегодовые числа Вольфа; 2 — градиенты чисел Вольфа в смежные годы; 3 — разностная интегральная кривая (крестиками обозначены рассматриваемые в работе переломы ее); 4 — вспомогательная линейка, указывающая даты переломов интегральной кривой; 5 — то же, указывающая годы с большими по абсолютной величине градиентами в смежные годы.

скорости вращения Земли вокруг своей оси. На рисунке 2 представлены неприливные вариации продолжительности суток, которые обычно принимаются в качестве показателя скорости вращения Земли, и даты резких изменений солнечной активности в 11-летних циклах. Из рисунка видно, что за рассматриваемые 118 лет (1830—1947 гг.) почти все заметные

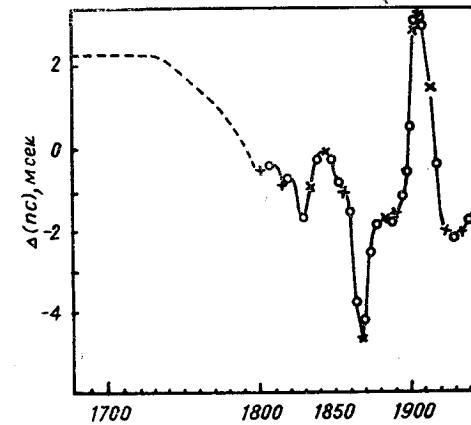


Рис. 2. Неприливные вариации продолжительности суток.  
× — положительные, ○ — отрицательные (большие по абсолютной величине) градиенты солнечной активности в смежные годы; до 1800 г. изображена сглаженная кривая.

изменения и переломы кривой так или иначе соответствуют названным изменениям солнечной активности. Аналогичное положение имело место и в более позднее время: в 1952 году было заметное, но относительно малое приращение скорости вращения Земли, а в 1956 году — очень большое. Эти годы также соответствуют резким изменениям солнечной активности.

Следует отметить, что в ряде случаев по кривой рисунка 2 как будто бы не обнаруживаются результаты солнечных воздействий (1835, 1838, 1854, 1873 гг. и др.). Это не может быть полностью объяснено

в настоящее время по имеющимся в нашем распоряжении данным.

В общем же результат проведенного сравнения не противоречит предположению об ударных воздействиях солнечной активности на весь земной шар в целом. Он согласуется с фактами влияния солнечных вспышек на магнитное поле Земли и на скачкообразные изменения скорости ее вращения, а также с данными о других геофизических процессах.

Рассмотренный пример дает основание перейти к анализу многолетних колебаний метеорологических процессов, так как в настоящее время нельзя отрицать связи вращения Земли с общей циркуляцией атмосферы.

Рассмотрим смену эпох атмосферной циркуляции. Сущность ее заключается в том, что наблюдаются длительные промежутки времени, в течение которых имеют место аномальное развитие одной формы циркуляции (или двух) и ослабление процессов остальных форм. Формы циркуляции обычно характеризуются количественными показателями или индексами. Наиболее обобщенными из них являются индексы западной (Ш) (в обозначениях М. Х. Байдала), восточной (Е) и меридиональной (С) форм циркуляции по Г. Я. Вангенгейму, характеризующие соответствующие переносы воздушных масс. Весь имеющийся ряд наблюдений, согласно данным М. Х. Байдала, делится на следующие эпохи: 1881—1892, 1893—1905,

<u>1906—1918</u>	<u>1919—1928</u>	<u>1929—1939</u>	<u>1940—1948</u>
Ш+С	Ш	Е	С
1949—1958 гг.			
Е+С			

Границы циркуляционных эпох, по мнению М. Х. Байдала, совпадают с максимумами солнечной активности.

В общем это соответствует действительности, однако расхождения максимумов солнечной активности и границ циркуляционных эпох (до  $\pm 2$  лет) оказываются разными в разные эпохи (рис. 3), что не получило пока достаточного объяснения.

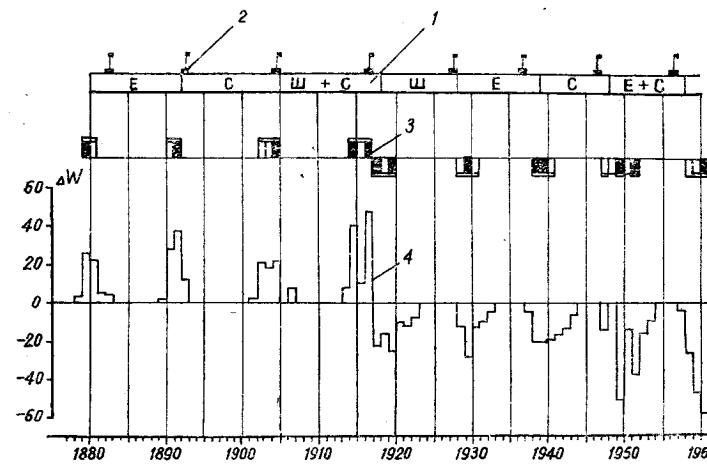


Рис. 3. Характеристики эпохальных изменений атмосферной циркуляции и солнечной активности.

1 — эпохи широтного или западного (Ш), восточного (Е) и меридионального (С) типов атмосферной циркуляции и их сочетаний; 2 — годы максимумов 11-летних циклов солнечной активности; 3 — условная линейка, обозначающая годы с максимальными (темные прямоугольники) и высокими (по абсолютной величине) градиентами солнечной активности в смежные годы; 4 — положительные (до 1917 г.) и отрицательные (с 1918 г.) приращения солнечной активности в смежные годы.

Более понятным является соответствие границ циркуляционных эпох ударным воздействиям солнечной активности. И действительно, во всех случаях границы эпох (которые, видимо, не могут считаться установленными абсолютно точно) совпадают с большими (по абсолютной величине) градиентами (приращениями) солнечной активности. Следует отметить, что в настоящее время еще недостаточно ясны вопросы, связанные с количественной оценкой силы удара, свойством ее накопления в течение ряда лет, влиянием предшествующей обстановки, взаимодействием нескольких ударов одного знака, разделенных некоторым промежутком времени и др., однако соответствие во времени показывает, что ударные воздействия солнечной активности определяющим образом влияют на ход геофизических процессов.

Необходимо также отметить, что все эпохи четко делятся на две группы. В первой группе границы эпох

определяются положительными приращениями солнечной активности, а во второй — отрицательными (см. рис. 3). Переходными для них оказались 1917—1919 гг. Обе группы практически полностью соответствуют ветвям векового цикла солнечной активности, однако это явление в дальнейшем должно быть дополнительно изучено.

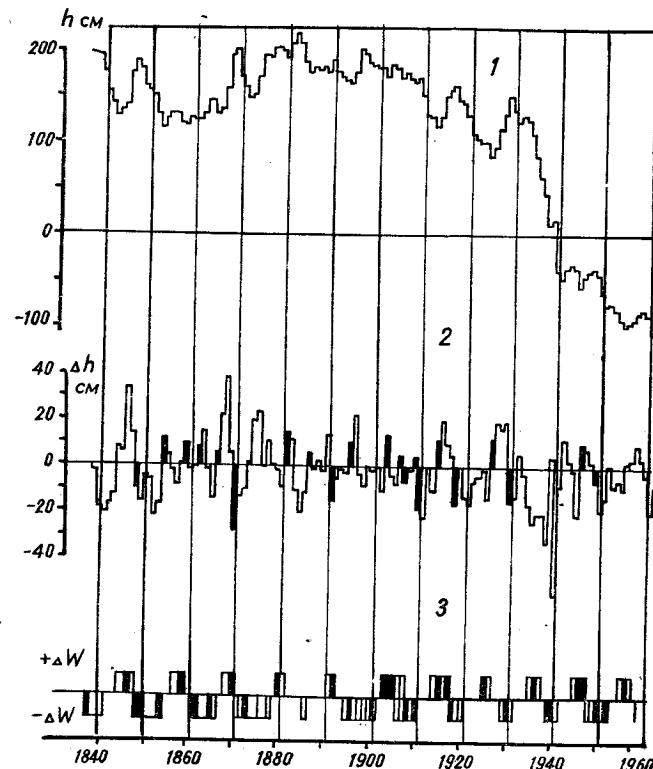


Рис. 4. Изменения уровня Каспийского моря и солнечной активности.

1 — среднегодовые уровни у г. Махачкалы (ноль футштоха — 26,94 м); 2 — приращения уровней в смежные годы. Темными прямоугольниками отмечены солнечнообусловленные изменения знака приращений, что соответствует перелому хода процесса; 3 — условная линейка, обозначающая годы с максимальными (темные прямоугольники) и высокими (по абсолютной величине) градиентами солнечной активности в смежные годы.

В качестве следующего примера рассмотрим колебания среднегодовых уровней Каспийского моря. На рисунке 4 показаны приращения среднегодовых уровней моря в смежные годы и схематически отмечены годы с большими по абсолютной величине приращениями солнечной активности. Из рисунка видно, что

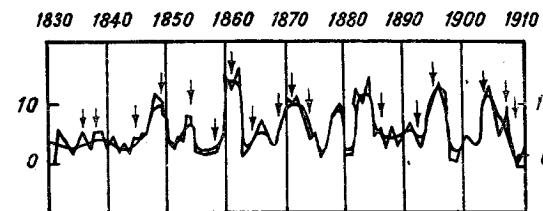


Рис. 5. Колебания годовых приростов деревьев по исследованиям живых деревьев Англии, Норвегии, Швеции, Германии и Австрии (по А. Э. Дугласу).

По экспериментальной кривой проведена обобщенная слаженная кривая, характеризующая цикличность роста. Стрелками обозначены солнечнообусловленные переломы хода процесса.

всем главным приращениям солнечной активности соответствует смена знака приращений уровней (темные прямоугольники). Единственным исключением за более чем 120-летнюю историю оказались 1935—1937 гг. Для объяснения этого исключения необходим дополнительный анализ элементов водного баланса моря, так как сток Волги в 1935 году был выше, чем в 1934 году, а сток Куры в 1935 году был практически таким же, как в 1934 году, и значительно выше в 1936 году. Иными словами, на этих реках переломы хода процесса стока были в 1935 и 1936 гг., однако другие элементы водного баланса моря, например испарение, могли оказать дополнительное воздействие, которое и привело к отмеченному результату. Кроме того, могли сказаться и ошибки измерений. В целом же и этот пример подтверждает анализируемую закономерность ударных воздействий солнечной активности на ход геофизических процессов.

Кроме геофизических процессов представляет интерес также выявление причин колебаний процессов в живой природе. Например, интенсивность развития растений и других живых организмов безусловно, связана с колебаниями температуры воздуха, количества осадков, а через них — с солнечной активностью. Кроме того, солнечная активность, видимо, может оказывать на живую природу и непосредственное влияние.

На рисунке 5 приведены данные о росте деревьев, заимствованные из книги Д. Г. Мензела «Наше Солнце» (М. 1963, стр. 322). По сравнению с оригиналом в него внесены следующие элементы: а) штрихом нанесена ломаная, характеризующая годовые изменения, б) стрелками обозначены солнечнообусловленные переломы процесса. Из рисунка 5 видно, что во всех случаях переломы имели место, что подтверждает рассматриваемую закономерность.

Другим процессом живой природы с явной реакцией на резкие изменения солнечной активности является изменение процесса роста некоторых морских рыб. На рисунке 6, заимствованном из книги Е. К. Суворова «Основы ихтиологии» (М. 1948), представлены отклонения

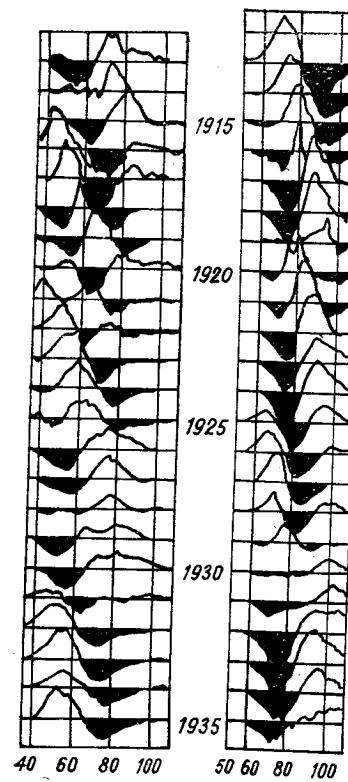


Рис. 6. Отклонения длины тела трески от средней за 1913—1935 гг. для каждого класса рыб. Ряды приведены к 10 000 экземпляров. Левый столбик — незрелая весенняя финмаркенская треска; правый — нерестовая лофотенская треска.

от многолетней средней длины тела трески. Из рисунка видно, что для некоторых классов, например в интервале 40—60 см (по оси абсцисс) финмаркенская треска в 1913—1914 и частично в 1915 гг. была меньше нормы, начиная с 1915, в 1916—1917 гг. — больше, затем в 1918—1920 гг. — снова меньше, в 1921—1924 гг. — выше нормы или близка к ней, начиная с 1925 г. и до 1930 г. включительно — ниже нормы, а в 1931—1935 гг. — выше нормы, хотя в 1935 г. уже появились признаки наступления очередного периода уменьшения величины ниже нормы. Аналогичное положение имело место для нерестовой лофотенской трески. Так, например, в интервале 60—80 см в 1913—1914 гг. длина тела ее была выше нормы, в 1915—1918 гг. — ниже, в 1919—1920 гг. — выше, в 1921—1924 гг. — ниже, в 1921—1929 гг. — выше и в 1930—1935 гг. — ниже. Таким образом, границы довольно резких изменений процесса роста рыбы практически точно соответствуют резким изменениям уровня солнечной активности в 1915—1917, 1918—1920, 1925—1926, 1929—1930 и 1935—1936 гг.

Рассмотренные примеры показывают совпадение изменений хода различных процессов во времени, что вполне согласуется с предположением о единых внешних воздействиях, каковыми являются солнечные «удары». Аналогично нами рассмотрены вариации скорости вращения Земли вокруг своей оси и, видимо, частично определяемые ими некоторые характеристики землетрясений, изменения радиуса вращения северного полюса, колебания прямой солнечной радиации и различных показателей атмосферной циркуляции, атмосферного давления, температур воздуха, осадков, бурь, ледовитости морей, высоты снежной линии в горах, стока рек, уровней озер, морей, океанов и подземных вод, испарения, осеннего увлажнения почвы, засух, коэффициентов стока с экспериментальных площадок и бассейнов, солености морей, отложения илов в озерах, а также урожаев трав и сельскохозяйственных культур, приростов деревьев, развития ряда живых организмов и другие изменения и колебания.

Полученные данные могут быть использованы не только для установления соответствия во времени

изменений солнечной активности и процессов на Земле, но и для количественной оценки доли солнечнообусловленных колебаний последних. В ряде случаев эта доля оказывается весьма высокой. Например, из рисунка 4 видно, что в течение 1838—1962 гг. 47 раз менялся знак приращений уровней Каспийского моря. Из них 27 могут считаться солнечнообусловленными, т. е. доля последних составляет 57,5%. Для прироста деревьев (см. рис. 5) она равна 38%. Аналогичные данные могут быть получены и в других случаях.

Таким образом, в результате проведенного анализа можно сделать заключение о том, что предположение о возможности ударных воздействий солнечной активности на ход геофизических процессов в многолетнем разрезе в общем подтверждается натурными данными, а доля солнечнообусловленных изменений хода геофизических процессов оказывается относительно высокой. Все это дает основание сделать вывод о том, что прогноз изменений солнечной активности может рассматриваться как один из источников информации о предстоящих колебаниях геофизических процессов.



Н. П. Цимахович

### ВМЕСТО ЧИСЕЛ ВОЛЬФА — РАДИОПОТОК



работах по установлению солнечно-земных связей в качестве первого этапа обычно производится сопоставление земных событий с одновременными процессами на Солнце. Какие же явления, происходящие на поверхности Солнца, привлекают внимание естествоиспытателя? В первую очередь, это пятна, появление которых на дневном свете запечатлено во многих древних хрониках. Пятна явились также тем объектом, регулярная регистрация которого привела к установлению 11-летнего цикла солнечной активности. Главенствующая роль солнечных пятен обусловлена тем обстоятельством, что из всех оптических эффектов солнечной активности пятна легче всего наблюдаются — их можно увидеть даже в бинокль. Остальные же проявления солнечной активности доступны лишь наблюдателю, вооруженному специальными инструментами.

Пятна также являются единственным видом образований, по которым имеется много наблюдений. Регулярные ежедневные наблюдения пятен были начаты еще в 1826 году любителем астрономии Генрихом Швабе. В 1859 году астроном Рудольф Вольф из Цюриха ввел для характеристики количества пятен так называемое относительное число солнечных пятен, или, как это число часто называют теперь, число Вольфа ( $W$ ). По данным хроник ему удалось восстановить