



ISSN 2411–6602 (Online)

ISSN 1607–2855 (Print)

Том 15 • № 1 • 2019 С. 1 – 6

<https://doi.org/10.18372/2411-6602.15.01>

УДК 523.98

Прогноз солнечной активности в 25-м и 26-м циклах с использованием Excel 2016

А.П. Видьмаченко^{1,2}

¹Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, 03143, г. Киев, ул. Академика Заболотного, 27

²Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, 03041, г. Киев, ул. Героев Оборона, 15

Вариации климата оказывают существенное влияние на развитие жизненных процессов на Земле. Солнце — основной источник энергии в климатической системе нашей планеты. Поэтому для прогноза климата важно спрогнозировать вариации активности Солнца. При прогнозировании анализ временных рядов позволяет, предполагая, что тенденция не изменяется, показать, что должно произойти при отсутствии внешних вмешательств. Используя базу данных об изменении среднегодовых значений чисел Вольфа $W(t)$ с 1700 г., мы в пакете Excel 2016 определили общий тренд изменений и из спектрального анализа с использованием преобразования Фурье — колебания вокруг тренда с периодами около 11, 22, 50–60 и 100–111 лет. Из анализа данных $W(t)$ за 1700–2018 гг. мы рассчитали прогноз изменения чисел Вольфа на 2019–2045 гг., а по данным об индексе активности в 1913–2018 гг. был рассчитан прогноз солнечной активности (СА) на 2019–2040 гг. Учитывая различия исторических трендов за предыдущие 318 и 105 лет соответственно, в обоих случаях прогноз на 25-й и 26-й циклы СА показал меньшую интенсивность в максимумах, чем такие же показатели даже для малоактивного цикла 24. Отметим, что использование для прогноза только данных за 1900-е годы, имеющие наибольшую за последние 300 лет активность, дают прогнозные значения на 10–15% большие, чем когда к историческим данным добавит результаты наблюдений с 1700 г. Такое дополнение данных о СА за предыдущие 200 лет при проведении прогнозных расчетов понижает общий прогнозный тренд изменений чисел Вольфа на 2019–2040 гг. в максимумах 25-го и 26-го циклов на 10–15%. Этот наш вывод подтверждает необходимость использовать для прогнозных расчетов как можно более длительный исторический массив наблюдательных данных, когда продолжительность ряда существенно превышает период упреждения прогноза. Можно обосновать вывод о том, что последующие несколько 11-летних циклов СА должны быть еще менее интенсивными, чем заканчивающийся сейчас 24-й. То есть уже в ближайшие десятилетия нас может ожидать уменьшение СА до масштабов, которые наблюдались, например, в конце XVII века. Поэтому возможно, что при отсутствии антропогенных факторов нас ожидает очередной малый ледниковый период. И в ближайшие годы тренд повышения среднегодовой температуры может смениться трендом ее понижения.

Ключевые слова: солнечная активность; прогноз; солнечно-атмосферные связи.

1. ВВЕДЕНИЕ

Изменения климата оказывают существенное влияние на развитие всех жизненных процессов на Земле. Основным источником тепла в климатической системе нашей планеты является Солнце. Именно превращенная на поверхности Земли в тепло солнечная энергия является главной составляющей, формирующей земной климат. То есть практически все происходящие на нашей планете климатические процессы зависят от радиационной активности Солнца [2, 4], даже самые малые изменения солнечной активности (СА) непременно сказываются на погоде и климате Земли. Поэтому для прогноза будущих климатических изменений на нашей планете очень важно попытаться спрогнозировать вариации активности центрального светила Солнечной системы.

2. СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

В 1849 г. швейцарский астроном Р. Вольф предложил в качестве некоторого количественного параметра для оценки активности Солнца использовать позднее названные в его честь числа Вольфа (W) [26]. Их определяют суммой количества темных пятен на солнечном диске (f) и увеличенного в 10 раз числа групп пятен (g) (изолированное крупное пятно также считают группой), умноженную на коэффициент k : $W = k(f + 10g)$. Такое значение W приводит наблюдаемые параметры Солнца к стандартным Цюрихским числам [1]. В качестве международной системы используют те значения чисел Вольфа, которые в 1849 г. начала публиковать Цюрихская обсерватория, и для которых коэффициент k был принят равным 1. Начиная с опубликованных после 1787 г. данных стали выделять несколько циклов СА. На сравнительно коротких временных отрезках выделяют 11- и 22-летние, а также вековые (Глайсберга) и более длительные циклы солнечной активности; так, некоторые исследователи отмечают существование периодичностей в 300 и даже 1500 лет.

Дж. Хейл открыл, что пятна на Солнце вызваны магнитным полем, поскольку именно оно приводит к снижению температуры видимой фотосферы. При переходе от одного 11-летнего цикла к следующему

Видьмаченко Анатолий Петрович; ✉ vida@mao.kiev.ua

полярность магнитного поля в солнечных пятнах в обоих полушариях меняется на противоположную. Знак магнитного поля пятен сохраняется в течение всего цикла, с очень небольшими исключениями. Каждый 22-летний магнитный цикл состоит из двух 11-летних. Циклам солнечной активности принято приписывать последовательные номера, начиная от условно выбранного цикла, максимум которого был в 1761 г. В 1948 г. предложили, что 22-летний цикл начинается четным 11-летним циклом.

Таким образом, изменение полярности магнитного поля пятен свидетельствует о взаимосвязи активности между разными полушариями Солнца в соседних циклах. А 11-летний цикл СА является отражением циклического изменения крупномасштабного магнитного поля Солнца. В ходе этого цикла меняется не только число и интенсивность различных проявлений солнечной активности, но и их распределение по поверхности Солнца. На ветви роста векового цикла солнечная активность доминирует в северном полушарии, а на ветви спада — в южном. В эпохи максимумов и минимумов асимметрия между полушариями мала. Включающий два 11-летних цикла магнитный цикл проявляется не только в изменении полярности общего магнитного поля Солнца, но и в изменении полярности пятен (так называемый цикл Хейла). Устойчивый характер асимметрии в долготном распределении магнитного поля и тесная связь с фазой цикла солнечной активности позволяет сделать вывод о существовании некоторой закономерности в возникновении такой асимметрии [2, 12].

3. СОЛНЕЧНО-АТМОСФЕРНЫЕ СВЯЗИ

Одним из важнейших звеньев в проблеме солнечно-атмосферных связей является земная стратосфера. Ей отводят роль своеобразного спускового механизма, обеспечивающего передачу возмущений в нижние слои атмосферы. Подобные явления характерны и для атмосфер других планет Солнечной системы [15, 18, 19, 21]. В стратосфере происходит поглощение преимущественно ультрафиолетовой (УФ) радиации Солнца. Поэтому в периоды усиления солнечной активности тепловой баланс стратосферы существенно меняется: увеличивается поступление солнечной энергии, и это сказывается на температурном режиме и ее циркуляции [17, 23–25]. На протяжении 11-летнего цикла УФ радиация изменяется на 20–40%, а изменения в видимом свете не превышают десятых долей процента [13, 14, 22]. Учитывая суточное вращение, земная поверхность в среднем поглощает 168 Вт/м^2 солнечной энергии, испускает 390 Вт/м^2 в тепловом диапазоне спектра, а из-за парникового эффекта земной атмосферой аккумулируется 324 Вт/м^2 . Отметим, что именно парниковый эффект привел к тому, что средняя глобальная температура Земли составляет около $+15^\circ\text{C}$, а иначе она не превышала бы -20°C [8, 9].

В XX веке за 11-летний цикл изменение полного притока солнечной энергии в среднем составляет около $0,3\text{--}0,4 \text{ Вт/м}^2$ при среднем значении притока к верхней атмосфере 1366 Вт/м^2 (рис. 1). Это может приводить к амплитуде вариаций глобальной температуры почти на $0,1^\circ$. Иногда вблизи максимумов СА вариации солнечной постоянной могут превышать 7 Вт/м^2 , вызывая кратковременные изменения глобальной температуры Земли на $1\text{--}2^\circ\text{C}$.

В качестве примера отметим, что за 1976–2007 гг. антропогенное влияние приводило к энергетической «добавке» $0,3 \text{ Вт/м}^2$ за каждые 10 лет. Приведенные энергетические оценки показывают, что главной причиной глобального потепления может быть именно солнечная активность [7]. Ведь на долю Солнца приходится более 80% от общего вклада в тепловой баланс, тогда как на выбрасываемые в атмосферу Земли парниковые газы может приходиться не более 15%.

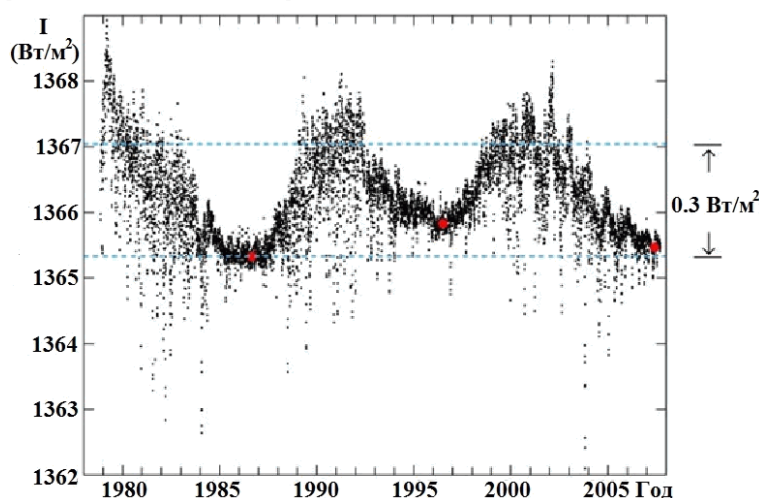


Рис. 1. Периодические изменения активности Солнца, связанные с изменением солнечных пятен

В качестве наглядного примера регулирования климатических изменений на Земле можно указать на существование довольно теплого периода в XI–XIII веках, совпавший с периодом повышенной активности Солнца, тогда как между 1650–1715 гг. пятен на Солнце практически не было (известный минимум

Маундера [10]), и это соответствовало периоду очень холодной погоды во всей Европе. Например, сохранились сведения, что в Киеве в эти годы даже в июле месяце передвигались на сани!

Цикл вариаций солнечной активности можно представить в виде четырех отдельных этапов: увеличение, максимум, уменьшение и минимум. Практически каждый из этапов имеет протяженность менее 3 лет. Поэтому всегда можно найти годы с похожими условиями изменения солнечной активности, которые были бы похожими и по погодным условиям. Это позволяет определить наилучшее соответствие между СА и погодными условиями на несколько лет вперед. Однако 11-летний цикл изменения солнечных пятен не отслеживается явно в климатических данных, тогда как 22-летний магнитный цикл довольно заметно проявляется, например, в очередности наступления засух и дождливых периодов.

В основе теории о циклических изменениях климата лежат утверждения о значительной роли Солнца в происходящих на Земле климатических процессах, как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Поэтому основной причиной наблюдаемого в последние десятилетия потепления также может быть общее повышение интенсивности солнечной светимости практически в течение всего XX века.

Поскольку в настоящее время Солнце вступило в стадию относительного спокойствия, то Земля, возможно, начинает охлаждаться. Пока это мало заметно, потому что планета накопила значительный запас тепла. Однако уже через несколько лет потепление может смениться похолоданием. Данные наблюдений в 2007–2009 и 2017–2019 гг. показали, что спады к минимумам активности в этих циклах очень медленные и фотосфера Солнца — самая «незапятнанная» за последние 50–60 лет. Такое поведение очень похоже на начало 13-го цикла более ста лет назад. Это все говорит о том, что 24-й цикл был спокойным [11], и нас может ожидать 25-й, а может, и 26-й циклы с довольно «скромной» активностью, возможно, наименьшей за последние 100 лет [6, 27].

4. ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ВЕЛИЧИНАМИ ПРИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Используя статистические методы, попытаемся спрогнозировать возможное поведение солнечной активности в последующих циклах. Воспользовавшись базой данных об изменении индексов солнечной активности с 1700 г. до сегодняшних дней [28], на рис. 2 сплошной линией мы представили исторический ход вариаций чисел Вольфа за отмеченный отрезок времени. Видно, что XX век характеризовался самым высоким уровнем активности Солнца на протяжении последних 300 лет.

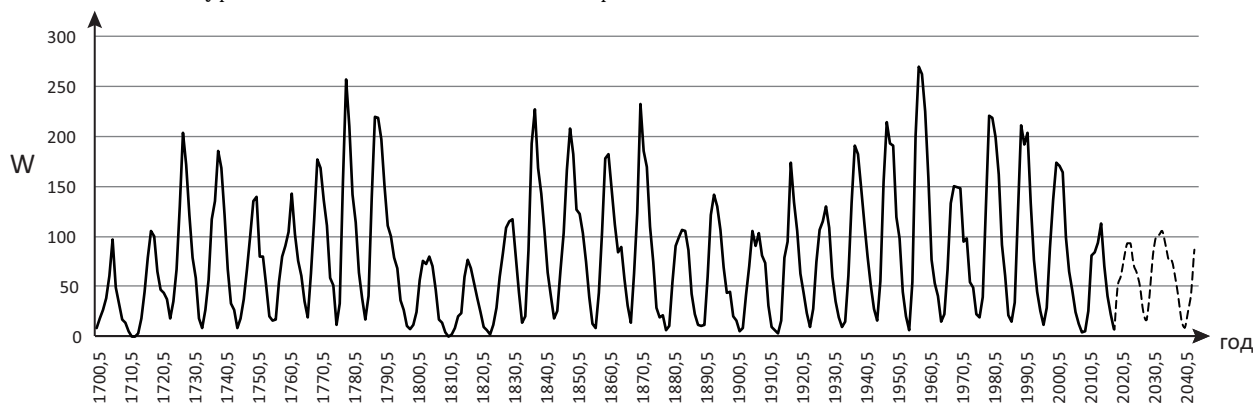


Рис. 2. Прогноз солнечной активности (пунктир) на 2019–2045 гг. по данным о числах Вольфа (сплошная линия) за 1700–2018 гг.

Как материал для более детального исследования хода солнечной активности мы использовали статистические данные о временных изменениях среднегодовых значений чисел Вольфа [28]. Все графики и статистическая обработка методом корреляционного анализа были выполнены с использованием пакета Excel 2016. Временной ряд $W(t)$ мы рассматривали как наложение долгосрочной тенденции (или тренда) этого ряда и некоторого эффекта в динамике ряда, который повторяется через определенный период (так называемой сезонной компоненты). Отметим, что в некоторых рядах возможно наличие нескольких сезонных и, с большей продолжительностью, циклических составляющих. Также может присутствовать случайная компонента временного ряда, отражающая влияние других факторов, которые практически не поддаются учету и влиянием которых часто можно пренебречь.

Для выявления и анализа тренда мы использовали регрессионный анализ, а колебания вокруг тренда выявлялись с помощью спектрального анализа с использованием преобразования Фурье [16, 20]. Спектральный анализ этих данных указал на существование изменений $W(t)$ с периодами около 11, 22, 50–60 и 100–111 лет. Если же существует еще и упомянутый выше цикл в 300 лет, то можно обосновать вывод о том, что последующие несколько 11-летних циклов СА должны быть еще менее интенсивными, чем заканчивающийся сейчас 24-й. То есть, согласно прогнозам, уже в ближайшее десятилетие нас может ожидать уменьшение солнечной активности до масштабов, которые наблюдались, например, в конце XVII века. Поэтому возможно, что при отсутствии антропогенных факторов нас ожидает очередной

малый ледниковый период, и в ближайшие годы тренд повышения среднегодовой температуры может смениться трендом ее понижения.

Значения некоторой переменной временного ряда является функцией от прошлых значений этой переменной. Поэтому из анализа такого временного ряда можно определить несколько будущих его значений. То есть, используя данные за определенный период времени в прошлом, можно создать прогноз на будущее. В задачах прогнозирования временные ряды используются при наличии значительного количества реальных значений данного показателя в прошлом и при условии, что тенденция, которая наметилась в прошлом, четкая и относительно стабильная. Такой анализ временных рядов позволяет, предполагая, что тенденция не изменяется, показать, что должно произойти при отсутствии внешних вмешательств. Выделяя общую тенденцию, кривые тренда сглаживают динамический ряд значений. При прогнозировании расчеты обычно начинают проводить с как можно более полным временным рядом, который описывает значительный промежуток времени в прошлом. Это делают для того, чтобы как можно более полно подобрать соответствующие значения общего тренда и сравнить результаты прогноза с реальными данными по методу простого или взвешенного скользящего среднего. Под прогнозированием обычно понимают установление причинно-следственных связей, основанных на фактах и доказательствах, и выявление вероятностных путей и результатов будущего развития процессов и явлений, а также оценку некоторых показателей, которые характеризуют эти явления и процессы для некоторого будущего [3]. То есть, это некоторая деятельность, направленная на выявление и изучение альтернатив будущего развития и структуры его вероятных траекторий. Прогнозирование распространяется на те процессы, управление которыми и/или их планирование возможно в довольно небольшом диапазоне, но которые связываются с условиями, которые будут превалировать в будущем, то есть имеют наибольшую вероятность.

Отрезок времени от момента, для которого имеются последние статистические данные об изучаемом объекте, до момента, к которому относится прогноз, называют периодом упреждения при прогнозировании. Долгосрочные и среднесрочные прогнозы нацелены на выявление общей тенденции развития некоторой характеристики. С помощью краткосрочных прогнозов пытаются уловить конкретные реализации изучаемого процесса, оценивая влияние тех факторов, которые и приводят к отклонениям от долгосрочных тенденций. Прогнозы могут быть разработаны в виде качественных характеристик развития и количественных оценок, характеризующих будущие числовые значения прогнозируемых показателей и величины вероятностей достижения этих значений. Инерционность в таких процессах проявляется как сохранение в основных чертах механизма формирования явления и сохранение временной зависимости.

Прогнозирование, опирающееся на статистические методы, происходит в два этапа. На первом используется индуктивный прогноз, основанный на обобщении наблюдаемых за довольно продолжительный период времени данных, и в нахождении соответствующих статистических закономерностей в виде модели с аналитически выраженными тенденциями развития в зависимости от некоторых факторов-аргументов. На следующем дедуктивном этапе на основе найденных статистических закономерностей определяют ожидаемое значение прогнозируемого признака. Такие прогностические оценки должны быть критически осмыслены с тем, чтобы стать полезными для практической деятельности и прогнозирования.

На рис. 2 пунктирной линией мы привели рассчитанный путем анализа данных об индексе активности за 1700–2018 гг. прогноз изменения чисел Вольфа, характеризующих возможный ход солнечной активности в 2019–2045 гг. На рис. 3 пунктирной линией приведен прогноз солнечной активности на 2019–2040 гг., рассчитанный за наблюдательными данными об индексе активности в 1913–2018 гг.

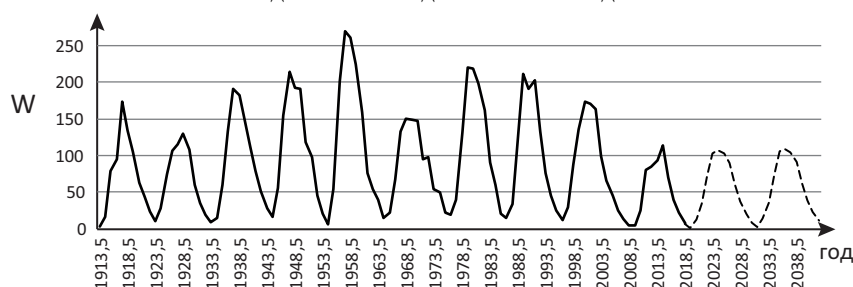


Рис. 3. Прогноз солнечной активности (пунктир) на 2019–2040 гг. по данным об индексе активности (сплошная линия) за 1913–2018 гг.

5. ВЫВОДЫ

Учитывая различия в исторических трендах за предыдущие 318 и 105 лет, соответственно на рис. 2 и 3, в обоих случаях прогнозные данные на 25-й и 26-й циклы СА имеют меньшую интенсивность в максимумах, чем такие же показатели даже для неактивного цикла 24. Отметим, что при использовании для прогноза только данных за 1900-е годы, имеющие наибольшую за последние 300 лет интенсивность

солнечной светимости, дают прогнозные значения на 10–15% большие, чем когда к историческим данным добавить результаты наблюдений с 1700 года (сравните данные на рис. 2 и 3). То есть именно такое дополнение за предыдущие 200 лет при проведении прогнозных расчетов данных об индексах солнечной активности понижает общий прогнозный тренд изменений чисел Вольфа на 2019–2040 гг. в максимумах 25-го и 26-го циклов — на 10–15%. Этот наш вывод подтверждает необходимость использовать для прогнозных расчетов как можно более длительный исторический массив наблюдательных данных, когда продолжительность ряда существенно превышает период упреждения прогноза. В нашем случае период упреждения прогноза составлял 26 и 21 год, соответственно для рис. 2 и 3.

1. Герман Дж.Р., Голдберг Р.А. Солнце, погода и климат. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — 320 с.
2. Олемской С.В. Статистические свойства и физическое моделирование солнечных пятен. Автореф. дис. ... к.ф.-м.н.: 01.03.03 Физика Солнца. — Иркутск, 2006. — 18 с.
3. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. — М.: Статистика, 1977. — 200 с.
4. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. — М.: Мысль, 1976. — 367 с.
5. Eddy J.A. The Maunder Minimum // *Science*. — 1976. — Vol. 192, Issue 4245. — P.1189–1202. <https://doi.org/10.1126/science.192.4245.1189>
6. Forgacs-Dajka E., Major B., Borkovits T. Long-term variation in distribution of sunspot groups // *Astronomy & Astrophysics*. — 2004. — Vol. 424. — P.311–315. <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20040550>
7. Hansen J. Climate Forcings and Feedbacks / In: Long-term monitoring of global climate forcing and feedbacks. — NASA Conference Publication, 1993. — P.6–12.
8. Kondratyev K.Ya., Krapivin V.F. Monitoring and prediction of natural disasters // *II Nuovo Cimento C*. — 2006. — Vol. 27, Issue 6. — P.657.
9. McCormac B.M., Seliga T.A., Reidel D. Solar-terrestrial influences on weather and climate. — Dordrecht, Holland, 1979. — 346 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-9428-7>
10. Nagovitsyn Yu.A. Global solar activity on long time scales // *Astrophysical Bulletin*. — 2008. — Vol. 63, Issue 1. — P.43–55.
11. Obridko V.N., Shelting B.D. On Prediction of the Strength of the 11-Year Solar Cycle No. 24 // *Solar Physics*. — 2008. — Vol. 248(1). — P.191–202. <https://doi.org/10.1007/s11207-008-9138-3>
12. Vernova E.S., Tyasto M.I., Baranov D.G. Solar magnetic cycle: Peculiarities of the photospheric field distribution // *Geomagnetism and Aeronomy*. — 2009. — Vol. 49, Issue 8. — P.1091–1092. <https://doi.org/10.1134/S0016793209080076>
13. Vid'machenko A.P. Activity of processes in the atmosphere of Jupiter // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 1985. — Vol. 1, Issue 5. — P.101–102.
14. Vid'machenko A.P. Temporal changes in methane absorption in Jupiter's atmosphere // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 1997. — Vol. 13, Issue 6. — P.21–25.
15. Vid'machenko A.P. Seasonal variations in the optical characteristics of Saturn's atmosphere // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 1999. — Vol. 15, Issue 5. — P.320–331.
16. Vid'machenko A.P. Variations in Reflective Characteristics of Jupiter's Atmosphere // *Solar System Research*. — 1999. — Vol. 33, Issue 6. — P.464–469.
17. Vidmachenko A.P. Brightness variations of celestial objects in astronomical observations at the Maidanak mountain // *Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel*. — 1994. — Vol. 10, No. 5. — P.62–68.
18. Vidmachenko A.P. Influence of solar activity on seasonal variations of methane absorption in the atmosphere of Saturn // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 2015. — Vol. 31, Issue 3. — P.131–140. <https://doi.org/10.3103/s088459131503006x>
19. Vidmachenko A.P. Seasons on Saturn. II. Influence of solar activity on variation of methane absorption // *Astronomical School's Report*. — 2015. — Vol. 11, No. 1. — P.15–23. <https://doi.org/10.18372/2411-6602.11.1015>
20. Vidmachenko A.P. Periodic changes of the activity of processes in Jupiter's atmosphere // *Astronomical School's Report*. — 2016. — Vol. 12, No. 1. — P.27–37. <https://doi.org/10.18372/2411-6602.12.1027>
21. Vidmachenko A.P. Seasonal changes on Jupiter. 1. The factor activity of hemispheres // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 2016. — Vol. 32, Issue 4. — P.189–195. <https://doi.org/10.3103/s0884591316040073>
22. Vidmachenko A.P. Seasonal changes on Jupiter. 2. Influence of the planet exposure to the Sun // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 2016. — Vol. 32, Issue 6. — P.283–293. <https://doi.org/10.3103/s0884591316060076>
23. Vidmachenko A.P. Changes in the activity of Jupiter's hemispheres // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 2017. — Vol. 33, Issue 6. — P.291–294. <https://doi.org/10.3103/s0884591317060071>
24. Видьмаченко А.П., Мороженко А.В., Якуив Я.С. Глобальные изменения климата Земли // *Изменения земных систем в Восточной Европе* / отв. ред. В.И. Лялько. — К.: Наукова думка, 2010. — С.254–306.
25. Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Minyailo N.F. Seasonal activity on Jupiter? // *Pisma v Astronomicheskii Zhurnal*. — 1984. — Vol. 10. — P.691–695.
26. Vitinskii Iu.I. Solar activity. — Moscow: Nauka, 1983. — 192 p.
27. Vitinskii Iu.I., Kopetskii M., Kuklin G.V. The statistics of sunspot-formation activity. — Moscow: Nauka, 1986. — 296 p.
28. <http://sidc.oma.be/silso/datafiles>

Прогноз сонячної активності в 25-му і 26-му циклах з використанням Excel 2016

Відьмаченко А.П.^{1,2}

¹Головна астрономічна обсерваторія НАН України, 03143, м. Київ, вул. Академіка Заболотного, 27

²Національний університет біоресурсів та природокористування України, 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15

Варіації клімату чинять істотний вплив на розвиток життєвих процесів на Землі. Сонце — основне джерело енергії в кліматичній системі нашої планети. Тому для прогнозу клімату важливо спрогнозувати варіації активності Сонця. При прогнозуванні аналіз часових рядів дозволяє, припускаючи, що тенденція не змінюється, показати, що має відбутися за відсутності зовнішніх втручань. Використовуючи базу даних про зміну середньорічних значень чисел Вольфа $W(t)$ з 1700 р., ми в пакеті Excel 2016 визначили загальний тренд змін, і зі спектрального аналізу з використанням перетворення Фур'є — коливання навколо тренду з періодами близько 11, 22, 50–60 і 100–111 років. З аналізу даних $W(t)$ за 1700–2018 рр. ми розрахували прогноз зміни чисел Вольфа на 2019–2045 рр., а за даними про індекс активності в 1913–2018 рр. був розрахований прогноз сонячної активності (СА) на 2019–2040 рр. З огляду на відмінності історичних трендів за попередні, відповідно, 318 і 105 років, в обох випадках прогноз на 25-й і 26-й цикли СА показав меншу інтенсивність в максимумах, ніж такі ж показники навіть для малоактивного циклу 24. Відзначимо, що використання для прогнозу тільки даних за 1900-ті роки, що мають найбільшу за останні 300 років активність, дають прогнозні значення на 10–15% більші, ніж коли до історичних даних додати результати спостережень з 1700 р. Таке доповнення даних про СА за попередні 200 років при проведенні прогнозних розрахунків знижує загальний прогнозний тренд змін чисел Вольфа на 2019–2040 рр. в максимумах 25-го і 26-го циклів на 10–15%. Цей наш висновок підтверджує необхідність використовувати для прогнозних розрахунків якомога триваліший історичний масив спостережних даних, коли тривалість ряду істотно перевищує прогнозований період. Можна обґрунтувати висновок про те, що наступні кілька 11-річних циклів СА повинні бути ще менш інтенсивними, ніж той, що закінчується зараз — 24-й. Тобто вже в найближчі десятиліття нас може очікувати зменшення СА до масштабів, які спостерігалися, наприклад, в кінці XVII століття. Тому можливо, що при відсутності антропогенних чинників нас чекає черговий малий льодовиковий період. І в найближчі роки тренд підвищення середньорічної температури може змінитися трендом її зниження.

Ключові слова: сонячна активність; прогноз; сонячно-атмосферні зв'язки.

The forecast of solar activity in the 25th and 26th cycles using Excel 2016

Vidmachenko A.P.^{1,2}

¹The Main astronomical observatory of the NAS of Ukraine, 03143, Academician Zabolotny str., 27, Kyiv, Ukraine

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 03041, Heroyiv Oborony st., 15, Kyiv, Ukraine

Climate variations have a significant impact on the development of life processes on Earth. The Sun is the main source of energy in the climate system of our planet. Therefore, for climate prediction, it is important to predict variations in solar activity. When forecasting, the analysis of time series allows, assuming that the trend does not change, to show what should happen in the absence of external interventions. Using the database on the change in the average annual values of the Wolf numbers $W(t)$ from 1700, we in Excel 2016 determined the general trend of changes, and from spectral analysis using the Fourier transform were determined fluctuations around the trend with periods of about 11, 22, 50–60 and 100–111 years old. From the analysis of data $W(t)$ for the years 1700–2018 we calculated the forecast for the change in the Wolf numbers for 2019–2045; and from the data about the activity index in 1913–2018 the forecast of solar activity (SA) for 2019–2040 was calculated. Considering the differences in historical trends for the previous, respectively, 318 and 105 years, in both cases, the forecast for the 25th and 26th cycles of the SA showed less intensity at maximums than the same indicators even for the low-active cycle 24. We note that the use for the forecast only the data for the 1900s, having the greatest activity in the last 300 years, give predictive values 10–15% more than when to add to the historical data observations from 1700. Such addition of data on SA for the previous 200 years, when carrying out forecast calculations, lowers the general forecast trend of changes in Wolf numbers for 2019–2040 in the maxima of the 25th and 26th cycles by 10–15%. This conclusion confirms need to use for predictive calculations as long as possible set of observational data, when the length of the series significantly exceeds the forecast period. It is possible to substantiate the conclusion that the next few 11-year CA cycles should be even less intense than the 24th which ends now. That is, in the coming decades, we can expect a decrease in SA to the extent that was observed, for example, at the end of the 17th century. Therefore, it is possible that at the absence of anthropogenic factors, we are waiting for the next minor ice age. And in the coming years, the trend of increasing the average annual temperature may change to the trend of its decrease.

Keywords: solar activity; forecast; solar-atmospheric relations.

Надійшла до редакції / Received 18.03.2019

Прийнята до друку / Accepted 3.04.2019