«ЭФФЕКТ ДАНЖОНА», СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ, ВУЛКАНИЗМ И КЛИМАТ

Комитов Б.П.¹, Кафтан В.И.²

¹*Институт астрономии с НАО, БАН, София, Болгария*

²*Геофизический центр РАН, Москва, Россия*

“DANJON-EFFECT”, SOLAR ACTIVITY, VOLCANISM AND CLIMATE

Komitov B.P.¹ and Kaftan V.I.²

¹*Institute of Astronomy and NAO-BAS, Sofia, Bulgaria*

²*Geophysical Center of RAS, Moscow, Russia*

The “Danjon-effect” is a phenomenon, which presents trend to concentration of so called “dark” total lunar eclipses (DTLE) near to solar sunspot minimum phases. It was a starting point for the present study, which main subject is a statistical analysis of relationship between the solar and volcanic activity for a maximal long time as it is possible. For this aim the Smithsonian museum for natural history volcanic activity catalog has been used. On its base a time series of the total annual volcanic eruptions number for the period 1551–2020 AD has been builds and explored for cycles of possible solar origin. Cycles by lengths of 10–11, 19–25, 60–63 and ~ 200 yr (all they with possible solar origin) has been established. It has been also found that there are two peaks of volcanic activity during the sunspot activity cycle – the first one is near to sunspot minima and (sunspot cycle phase $0.9 \leq \Phi \leq 1.0$ and $0 \leq \Phi \leq 0.2$) and the second more wide one – near to sunspot cycle maxima ($0.3 \leq \Phi \leq 0.6$), where Φ is calculated on the base of every one sunspot cycle length separately. This tendency is better expressed for the most powerful volcanic eruptions by eruptive index $VEI \geq 5$ and less for eruptions, for which $VEI = 4$, while it is not visible for the weaker eruptions. This result supports to hypothesis that the “Sun-volcanism” relationships are by trigger nature and the galactic cosmic rays (GCR) during the sunspot cycle changes as well as strong solar flares + related to them geomagnetic activity are their primary sources.

DOI: 10.31725/0552-5829-2021-165-168

1. Введение

Одним из сильнейших косвенных доказательств связи активности Солнца и вулканических явлений является тенденция к концентрации случаев т.н. „темных” полных лунных затмений около фаз минимумов 11-летних солнечных пятнообразовательных циклов (точнее, через год-два после таковых), когда Луна почти не видна, либо она выглядит темно-серой и тусклой. Это явление установлено ровно 100 лет назад французским астрономом Андре-Луи Данжоном [1]. Оно связано со значительным уменьшением оптической прозрачности атмосферы Земли во время эпох солнечных минимумов, к чему могут привести повышения концентраций аэрозолей и пыли. Существование подобного эффекта может являться индикатором косвенного влияния солнечной активности на климат.

2. Данные и методы

Таким образом, на основании вышесказанного, мы полагаем, что проблема исследования влияния солнечной активности на вулканизм важна также в контексте взаимодействия «Солнце–климат». Представленное исследование является продолжением нашей прежней работы с 2019 г. [2]. Оно охватывает анализ данных о календарных моментах всех вулканических извержений с 1551 до 2020 года и соответствующих им вулканических эруптивных индексах (VEI – *Volcanic Eruptive Index*), характеризующих мощности извержения. Эти данные получены из базы данных проекта Global Volcanism Program (<https://volcano.si.edu>) Смитсоновского музея естественной истории. Таким образом, исследование использует информацию о 6215 вулканических извержениях, что на 199 случаев больше чем в работе [2] на интервале 1551–2014 гг. Параметры солнечных циклов до 1610 г. определены на основе Ряда Шове [3].

В настоящем исследовании, равно как и в прежнем [2], устранен общий нелинейный тренд. Вначале для него было использовано приближение в виде полного кубического полинома, и далее – полного полинома 4-ой степени, последующие результаты для обоих случаев были сопоставлены между собой. Для исследования спектров циклических колебаний в остаточных рядах после устранения тренда, как и в работе [2], были использованы вейвлет анализ [4] и T-R периодограммный анализ (TRPA) [3]. TRPA был использован как в обычном режиме, для выявления среднего спектра общего временного ряда, так и в режиме получения скалограмм подобных вейвлет анализу.

3. Результаты и анализ

При помощи вейвлет анализа получен спектр колебаний в ряде остаточных характеристик, сглаженных трехлетним временным окном, годовых чисел вулканических извержений после устранения общего нелинейного тренда. Оказалось, что лучшим приближением явился полином 4-ой степени (рис. 1). Коэффициент корреляции R_4 этого тренда с самым первичным временным рядом равен 0.975, при соответствующем параметре Снедекора-Фишера $F_4 = 20.46$. Таким образом, из вейвлет спектров выделены циклы продолжительностью 5, 11, ~25, 60–64 и ~200 лет, у которых есть солнечные и солнечно-земные аналоги.

Аналогичные результаты получены при использовании TRPA (рис. 2). В обоих случаях вычитания тренда в области периодов ниже 100 лет регистрируются одни и те же статистически значимые колебания с периодами 10.5, 19–25 (в среднем 22) и ~60 лет. Подтверждается существование около 200-летнего цикла в ряде годовых чисел вулканических извержений, который в этом случае составляет 178 лет. О солнечной причине колебаний такого периода доказательства приведены в ряде работ, например [5].

Рис. 1. Вейвлет-спектр временного ряда остаточных характеристик: сверху – временный ряд, в центре – скалограмма, справа – общий амплитудный спектр

Рис. 2. Слева – общий T-R спектр временного ряда остаточных характеристик, справа – скалограмма

Следующим шагом настоящей работы является исследование проблемы частотного распределения вулканических извержений в зависимости от фазы солнечного пятнообразовательного цикла. Для каждого вулканического извержения в интервале 1550–2020 гг. эта фаза была определена, исходя из календарного года момента извержения t_e , а также из календарных моментов минимумов t_{min} и максимумов t_{max} конкретного солнечного пятнообразовательного цикла при помощи формулы:

$$\Phi = \frac{t_e - t_{min}}{t_{max} - t_{min}}.$$

Результаты для извержений разной мощности показаны на гистограммах рис. 3. Как видно из гистограмм, существует тенденция приуроченности вулканической активности не только к солнечным минимумам ($0.9 \leq \Phi \leq 1.0$), но также и к максимумам ($0.3 \leq \Phi \leq 0.6$). Тенденция четко выражена для самых мощных извержений ($VEI \geq 5$) и плохо проявляется, либо вообще не заметна, у слабых.

Рис. 3. Частотное распределение $F\%$ вулканических извержений разной мощности (VEI) в зависимости от фазы солнечного пятнообразовательного цикла Φ . В последней гистограмме (внизу справа) для самых мощных извержений ($VEI \geq 6$) указано число случаев N для соответствующего значения Φ .

Усиление электропроводимости низкой атмосферы из-за увеличения концентрации электрических зарядов под действием ГКЛ во время солнечных минимумов может привести к усилению образования аэрозолей и облачности [6]. Электростатические взаимодействия между электрическими зарядами нижней атмосферы и литосферой, по всей вероятности, возбуждают активизацию вулканических очагов, а, вместе с тем, концентрацию пыли и кислотных газов в атмосфере. Это, в свою очередь, дополнительно стимулирует образование аэрозолей и облачности, что и объясняет возникновение «эффекта Данжона». Активизация вулканов в эпохах максимумов солнечной активности, возможно, связана с солнечными протонными явлениями (SEP) и геомагнитной активностью.

Литература

1. *Danjon A.* Relation Entre l'Eclairement de la Lune Eclipsee et l'Activite Solaire // L'Astronomie, 1921, 35, 261
2. *Комитов Б., Кафтан В.* Анализ временного среднегодовых значений общепланетарного вулканического индекса (VEI) за последние ~400 лет. О возможной связи с солнечной и геомагнитной активностью / XXIII Всероссийская ежегодная конференция по физики Солнца, сб. «Солнечная и солнечно-земная физика – 2019», СПб, Пулковское, 7 – 11 октября, РАН, ISBN:0552-5829, DOI:10.31725/0552-5829-2019-229-232, С. 229-232
3. *Komitov B.* The Schove's series. Centural and Supercentural variations of the solar activity. Relationships between adjacent 11-year cycles // Bul.Geoph.J, 1997, 23, 74–82
4. *Torrence, C. and Compo, G.P.* A Practical Guide to Wavelet Analysis // Bul. Am. Meteor. Soc., 1998, 79, 61-78
5. *Дергачев В.А., Чистяков В.Ф.* 200-210 и 2400 летние солнечные циклы и колебания климата // Изв. ФТИ, 1993, С.112-130
6. *Svensmark, H., and E. Friis-Christensen.* Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage – A missing link in solar-climate relationships // J. Atmos. Sol. Terr. Phys., 1997, 59, 1225-1232