

СРАВНЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ И ПОЛНОГО ПОТОКА СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЯВЛЕНИЕ ЭЛЬ-НИНЬО

Скакун А.А., Волобуев Д.М., Макаренко Н.Г.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия

COMPARISON OF THE INFLUENCE OF GALACTIC COSMIC RAYS AND THE TOTAL SOLAR IRRADIANCE ON THE EL NIÑO PHENOMENON

Skakun A.A., Volobuev D.M., Makarenko N.G.

Pulkovo Observatory, St. Petersburg, Russia

We compared the El Niño dependency on Galactic Cosmic Ray (GCR) and Total Solar Irradiance (TSI) during last 70 years using nonlinear method of conditional dispersions.

Insolation can affect the Earth's surface temperature directly through the physical mechanism of heating. At the same time, GCR affects climate indirectly through the formation of condensation nuclei in the atmosphere, changing its transparency and cloudiness. Both of these factors change in the 11-year solar cycle, but their variations are very small in amplitude, which makes determining their impact on climate non-trivial.

We considered causal relationships between time series pairs of TSI and El Niño (climate index Nino 3.4), GCR and El Niño. We found that the effect of TSI on El Niño is relatively more noticeable, which partly confirms the conclusions of the CLOUD project (CERN) about the negligible contribution of GCR to the general mechanisms of the formation of condensation nuclei and, as a result, to climate change.

DOI: 10.31725/0552-5829-2022-241-244

Введение

Связь солнечной активности и климата довольно сложно обнаружить, потому что изменения факторов влияния солнечного сигнала относительно малы по амплитуде, а шумы климатической системы – велики. До сих пор нет полной ясности в понимании физического механизма этой связи, а также схемы усиления солнечного сигнала в климате. Авторы работы [1] предложили механизм воздействия космических лучей (GCR) на облачность атмосферы посредством образования ядер конденсации в воздухе, подобно тому, как это происходит в камере Вильсона. Другой механизм [2] предполагает, что вариации солнечной постоянной (TSI) могут усиливаться с помощью парникового эффекта, связанного с испарением воды. Оба варианта находят статистическое подтверждение в локальных климатических данных. В частности, в работе [3] было получено, что в Южной Нигерии с 2010 по 2019 гг. наблюдается положительная связь между маркерами солнечной активности и температурными данными с метеостанций, а также GCR и осадками. Ранее [4] мы обнаружили связь между TSI и Эль-

Ниньо. В данной работе мы попробуем ответить на вопрос: можно ли различить климатический отклик Эль-Ниньо на TSI и GCR?

Исходные данные

Мы будем использовать следующие временные ряды: 1) эмпирический климатический индекс NINO 3.4 [5], 2) климатическую реконструкцию TSI NRLTSI2 [6] и 3) временной ряд данных нейтронного монитора GCR обсерватории Climax (1953÷2006 гг.), продолженный данными обсерватории Oulu (1964:2021 г.г.) [7] с помощью линейной регрессии $\text{Climax} = 1.3302 \cdot \text{Oulu} + 825.44$ на пересекающемся интервале. Климатический индекс NINO 3.4 основан на данных о температуре поверхностных вод в экваториальной зоне Тихого океана (5°N – 5°S , 120°W – 170°W) и отражает вариации локального климата в Тихом океане, в частности, явление Эль-Ниньо. Реконструкция TSI Naval Research Laboratory под названием NRLTSI2 была получена путем продолжения в прошлое данных космических наблюдений с помощью модельной оценки TSI по солнечным пятнам и факелам [8].

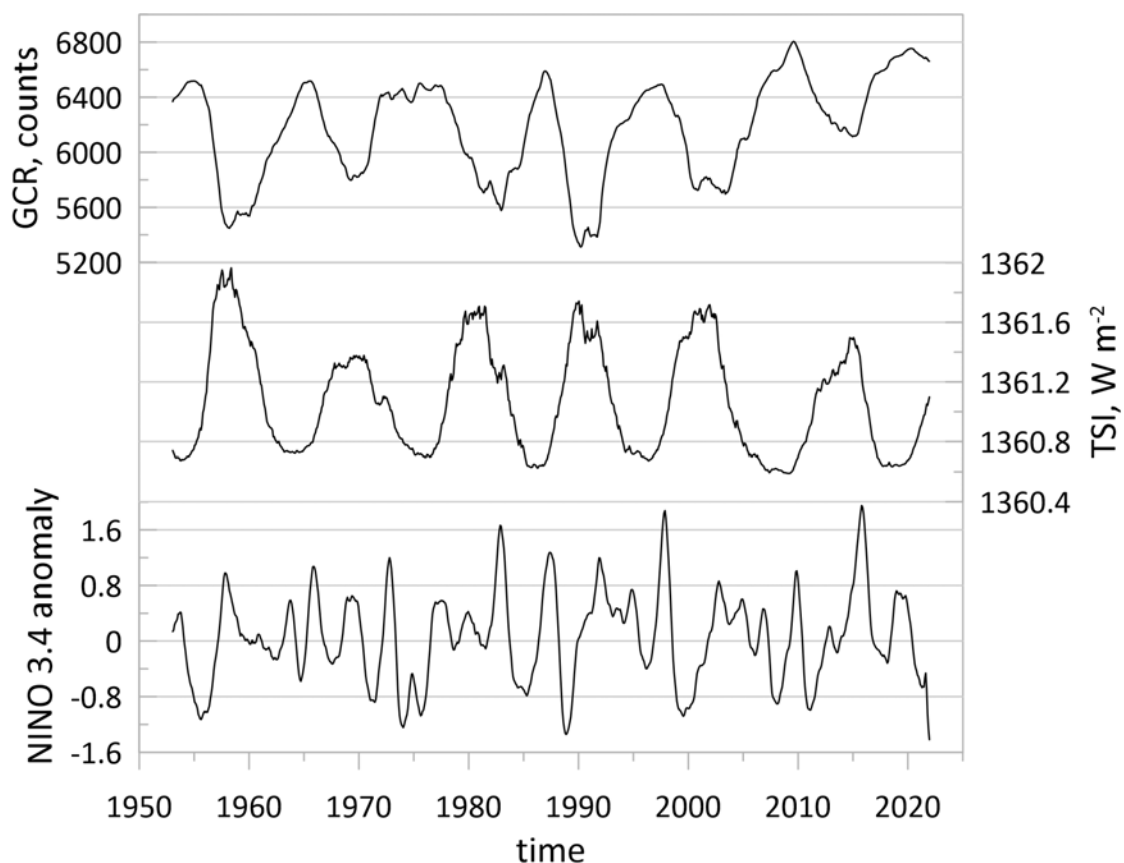


Рис. 1. Сглаженные временные ряды.

Все временные ряды мы привели к равномерной временной сетке с шагом 1 месяц на протяжении времени 1953-01:2021-12 и сгладили скользящим средним с окном 13 месяцев (рис. 1).

Методика

Для определения наличия и направления связи между двумя временными рядами мы используем метод условных дисперсий [9]. Метод предполагает, что два рассматриваемых временных ряда были произведены динамическими системами, свойства которых можно восстановить с помощью реконструкции по Такенсу [10] путем вложения временного ряда в евклидово пространство подходящей размерности. Для двух реконструкций временных рядов производится расчет условной дисперсии ($\sigma(\epsilon)$). Она оценивает долю ϵ -близких точек одной из реконструкций при условии, что соответствующие им пары точек другой реконструкции тоже ϵ -близки в пространстве вложения.

Результаты

С помощью метода условных дисперсий мы сравнили между собой пары эмпирических временных рядов (рис. 2). Метод показал, что и TSI и GCR влияют на NINO 3.4, но в случае TSI это влияние более выраженное:

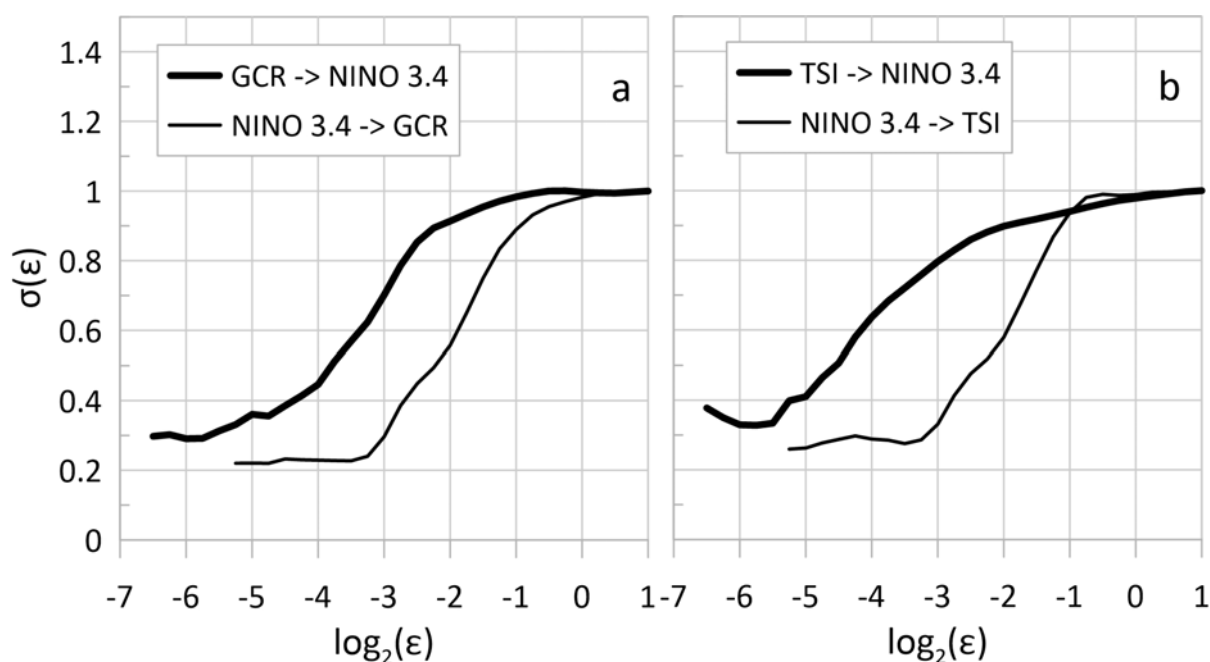


Рис. 2. Результат работы метода для пар временных рядов. Графики зависимости σ от ϵ для временных рядов (a) GCR и NINO 3.4 (b) TSI и NINO 3.4.

график зависимости $\sigma(\epsilon)$ круче на участке скейлинга. В этом случае зависимость между GCR и NINO 3.4 может объясняться высокой антикорреляцией между GCR и TSI. Отчасти этот результат подтверждает выводы эксперимента CLOUD [11]: в современной атмосфере интенсивность космических лучей не оказывает значительного влияния на климат. В особенности это относится к климату низких широт, где геомагнитное поле сводит возможные эффекты GCR к минимуму.

Литература

1. Marsh N., Svensmark H. Cosmic rays, clouds, and climate // Space Science Reviews. 2000. T. 94. №. 1. C. 215-230.
2. White W.B., Liu Z. Non-linear alignment of El Nino to the 11-yr solar cycle // Geophysical Research Letters. 2008. T. 35. №. 19.
3. Chibuogwu U.I. et al. Climatic Response to Solar Activities and Galactic Cosmic Ray in Southern Nigeria from 2010 to 2019 // Int. J. Sci. Res. in Physics and Applied Sciences Vol. 2021. T. 9. №. 6.
4. Skakun, A. and Volobuev, D. Ocean climate indices and Total Solar Irradiance: causality over the past few decades and revision of indices uncertainties , EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022, EGU22-12691, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-12691>, 2022.
5. NINO 3.4 NOAA https://psl.noaa.gov/gcos_wgsp/Timeseries/Data/nino34.long.data
6. TSI http://lasp.colorado.edu/lisird/data/nrl2_tsi_P1M/
7. GCR <http://cr0.izmiran.ru/>
8. Coddington O. et al. A solar irradiance climate data record // Bulletin of the American Meteorological Society. 2016. T. 97. №. 7. C. 1265-1282.
9. Čenys A., Lasiene G., Pyragas K. Estimation of interrelation between chaotic observables // Physica D: Nonlinear Phenomena. 1991. T. 52. №. 2-3. C. 332-337.
10. Takens F. Distinguishing deterministic and random systems. // Nonlinear dynamics and turbulence, ed. by Barenblatt G.J., Jooss G., Joseph D.D. N.Y.: Pitman, 1983. – P. 314-333
11. Dunne E. M. et al. Global atmospheric particle formation from CERN CLOUD measurements // Science. 2016. T. 354. №. 6316. C. 1119-1124.