

служить базой для развития краткосрочного прогнозирования землетрясений ядерно-физическими методами.

*Литература*

1. Т. С. Юлдашбаев, А. Максудов, ДАН РУз, 2010, № 3. с.37-41.
2. Т.С. Юлдашбаев, А.У.Максудов, ДАН РУз, 2012, № 2. с. 20-22.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛУКТУАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ И ЗАВИСИМОСТИ РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЫ ОТ ЖЕСТКОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ОБРЕЗАНИЯ

**Б. М. Махмудов, Т.А.Алимов, З.Д.Миртошев**

Самаркандский государственный университет, Самарканд, Узбекистан

По пятиминутным и часовым данным регистрации интенсивности космических лучей (КЛ) на Земле (Москва, Рим, Ереван, Мексико, Кордоба и Самарканд) рассчитаны спектры мощности флуктуации КЛ для различных периодов регистрации. Показано, что в спектрах мощности флуктуации космических лучей и межпланетного магнитного поля, в периоды, когда наблюдались высокоскоростные потоки солнечного ветра, обнаруживаются пики на одной и той же частоте.

Флуктуации космических лучей (КЛ) определяются характером распространения частиц в магнитных полях солнечного ветра, знание которых крайне важно для практических целей, для получения сведений о процессах, протекающих в межпланетном пространстве.

В настоящей работе исследуются флуктуации космических лучей для различных периодов регистрации с известными значениями скорости солнечного ветра и напряженности межпланетного магнитного поля (ММП).

Как известно [1–5], спектр флуктуации интенсивности космических лучей  $\frac{P_1(f)}{I_0^2}$  зависит от

спектра флуктуации межпланетного магнитного поля  $\frac{P_{\perp}^B(f)}{B_0^2}$  в виде

$$\frac{P_1(f)2}{I_0^2} = A(f, \mu, R)\delta_{\parallel}^2 \frac{P_{\perp}^B(f)}{B_0^2} \quad (1)$$

где,  $\delta_{\parallel}$ - анизотропия космических лучей; функция  $A$  - резонансный множитель, который имеет резонанс на частоте, зависящей от  $H$  (напряженности ММП),  $V$  (скорости солнечного ветра) и  $i$  (эффективного косинуса пичч-угла) согласно формуле

$$f = 300HV \frac{\mu}{R} \quad (2)$$

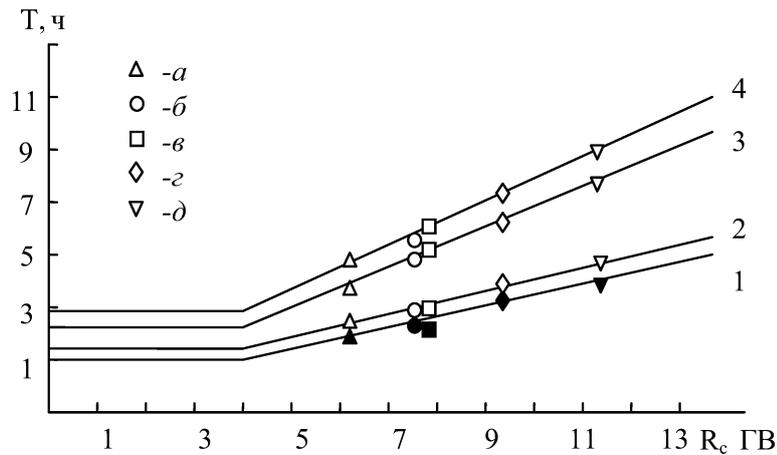
Как видно из формулы (1), резонансная функция существенно зависит от скорости солнечного ветра. Это означает, что она сильно меняется во время прохождения высокоскоростных потоков солнечного ветра. Необходимо отметить, что формула (1) определяет связь между спектром флуктуации КЛ и ММП для частиц с фиксированной энергией (жесткостью), а реальные приборы регистрируют частицы в широком диапазоне энергий.

Для того, чтобы получить выражение, описывающее спектр мощности флуктуации КЛ для реального прибора, воспользуемся методом, предложенным Оуэнсом [6]. Оно получается умножением выражения (1) на дифференциальную чувствительность данного прибора для различных участков энергетического (жесткостного) спектра первичного космического излучения. При этом интегрирование проводится по всему диапазону энергий с учетом явной зависимости резонансной частоты от энергии. Для нейтронного монитора выражение дифференциальной чувствительности (коэффициент связи)  $W(R)$  приведено в работе [7].

Результаты расчетов зависимости резонансной функции от резонансного периода для различных  $R_c$  вычислены для значений напряженности ММП  $H = 5.0$  нТл и скорости солнечного ветра  $V = 300$  км/с. Функция  $A(f)$  приобретает резонансное поведение, поэтому имеет смысл говорить об эффективной резонансной частоте для каждой из станции КЛ, расположенных на различных широтах и имеющих разные  $R_c$ . Это объясняется тем, что по мере уменьшения широты,

геомагнитная жесткость обрезания увеличивается, и это приводит к сдвигу резонансной частоты в низкочастотную область спектра.

На рис. 1 приведены результаты расчетов, показывающие зависимости резонансного периода  $T$  от жесткости обрезания для фиксированных значений произведения  $VH$  в сравнении с экспериментальными данными. Как видно из рис. 1, для станций с жесткостью, меньшей 4 ГВ, резонансные частоты одинаковы, так как низкоширотные станции (с  $R < 4$  ГВ) наиболее чувствительны к частицам с одинаковыми жесткостями. Для станции с  $R > 4$  ГВ резонансный период увеличивается за счет увеличения относительной доли регистрируемых высокоэнергичных частиц. Для экспериментальной проверки этого эффекта использовался метод спектров мощности [8], как наиболее эффективный для выявления флуктуации КЛ во временных рядах. Чтобы избежать побочных эффектов, например, появления дополнительных пиков или изменения наклона спектра во время солнечных вспышек и Форбуш-понижений, был выбран период с низкой солнечной активностью. Для анализа использовались часовые данные нейтронных мониторов станций Москва, Рим, Ереван, Мексико, Кордоба и Самарканд. Эти станции имеют существенно различающиеся коэффициенты связи, которые необходимы для наблюдения резонансной частоты на разных широтах.



**Рис. 1.** Расчетные зависимости резонансного периода от жесткости обрезания  $R_c$  для фиксированных значений  $NV$  (сплошные линии) в сравнении с экспериментальными данными: а- Рим; б - Ереван; в - Самарканд; г - Мексико; д - Кордиба.

Были проанализированы данные, зарегистрированные в периоды (17-19 сентябрь 2012г., 16-18 апрель 2012г., 22-24 октябрь 2012г., 10-12 июнь 2012г.). В течение этих периодов, как правило, наблюдалась значительная анизотропия космических лучей, что является определяющим условием связи между процессами в космических лучах и ММП. Выбранные периоды отличаются гладким, без скачков, поведением характеристик солнечного ветра. Два периода приходятся на максимумы спокойных высокоскоростных потоков, и два относятся к спокойному низкоскоростному солнечному ветру. Характеристики солнечного ветра и ММП выбранных периодов приведено ниже. При вычислении спектров мощности не производилась фильтрация данных, чтобы показать присутствие таких реальных пиков в суточных и полусуточных вариациях и вместе с тем сравнить амплитуду этих пиков с изучаемыми пиками резонансных частот.

№	Периоды	Напряженность ММП, нТл	Скорость солнечного ветра, км/с
1	17-19 сентябрь 2012	$6,3 \pm 1,0$	$421 \pm 30$
2	16-18 апрель 2012	$5,9 \pm 0,8$	$658 \pm 35$
3	22-24 октябрь 2012	$6,2 \pm 1,2$	$413 \pm 30$
4	10-12 июнь 2012	$6,1 \pm 1,0$	$647 \pm 35$

Как видно из рис. 1, результаты расчетов зависимости резонансного периода от жесткости  $R_c$  хорошо согласуются с экспериментальными данными. Экспериментальные точки ложатся на кривые, рассчитанные для значений характеристик ММП и солнечного ветра, с выбранными периодами. Это показывает, что спектр мощности интенсивности космических лучей зависит от спектра мощности ММП.

Изучение спектров мощности КЛ, вычисленных для вышеуказанных периодов для различных станций, показало наличие пиков с периодом 16–17 ч, которые достаточно явно выделяются среди

наблюдаемых пиков. Амплитуда этих 16–17-часовых пиков превышает амплитуду полусуточной волны. Для выяснения достоверности этих пиков данные проверялись методом взаимной корреляции спектров мощности для парных 6 станций. Обнаружена высокая взаимная корреляция данных.

Эти же 16–17-часовые пики выделены и в спектрах мощности ММП в те же временные интервалы. Таким образом, можно считать, что вариации космических лучей с периодом 16–17 ч, по-видимому, вызваны модуляцией потоков межпланетным магнитным полем.

#### Литература

3. Васильев В.Н., Топтыгин И.Н. Изв. АН СССР. Сер. физ. 1976. Т. 40. С. 628.
4. Dhanju M.S., Sarabhai V.A. Phys. Rev. Lett. 1967. V. 3. P. 352.
5. Васильев В.Н., Топтыгин И.Н. Геомагнетизм и аэрономия. 1976. Т. 16. С. 954.
6. Дорман Л.И., Кац М.Е., Стеглиг М. Флуктуации осмических лучей в межпланетном пространстве и их связь со спектром неоднородностей межпланетного магнитного поля // Тр. симп. по физике высоких энергий. Тбилиси, 1976. Т. 1. С. 50.
7. Дорман Л.И., Кац М.Е., Носов С.Ф. и др. Кинетика космических лучей в сильном магнитном поле с крупномасштабными неоднородностями // Космич. лучи. 1987. № 24. С. 49.
8. Owens A.J. J. Geophys. Res. 1974. V.79. № 7. P.895.
9. Алексанян Т.М., Дорман И. В., Бабаян В.Х. и др. Изв. АН СССР. Сер. физ. 1982. Т. 46. № 9. С. 1689.
10. Дженкинс Г., Вате Д. Спектральный анализ приложения. М.: Мир, 1972. 360 с.

### ANOMALOUS VARIATION IN GPS TEC PRIOR TO THE 26 MAY 2013 BULUNG'UR EARTHQUAKE

**H. E. Eshkuvatov<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Nuclear Physics, Ulughbek, <sup>2</sup>Ulugh Beg Astronomical Institute,  
e-mail: [husan@astrin.uz](mailto:husan@astrin.uz)

We investigate the morphological characteristics of anomalous variations in Global Positioning System Total Electron Content (GPS TEC) prior to the local earthquakes occurred in year 2013 by the method of the statistical analysis using data of Kitab station (with Geographic Latitude (N) 39° 08', Longitude (E) 66° 53'). To identify the anomalous values of TEC we calculate the differential TEC (dTEC) which is obtained by subtracting monthly averaged diurnal vTEC from the values of observed vTEC at each epoch of the day. This procedure removes normal diurnal variations of vTEC.

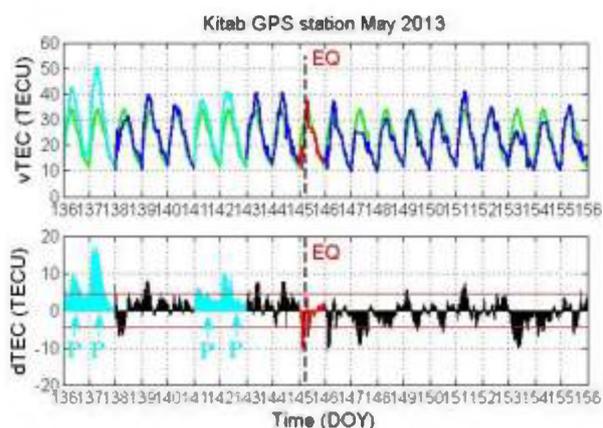


Fig.1. Vertical and Differential TEC variations Kitab for Bo'lung'ur, Uzbekistan  $M=5.7$  EQ occurred on 26-May-2013 in comparison with the monthly mean. P character denotes the precursor day.

The results show anomalous enhancements before the local earthquakes, for example, before strong earthquake of magnitude of 5.7 occurred on 26 May 2013 near the north-east of Samarkand, Uzbekistan. Anomalies are occurred 3-4 days before the local earthquakes and we regard them as an ionospheric electromagnetic precursors. The present results are in good agreement with the previous observations on ionospheric earthquake precursors reported by various researchers.

In our preceding study [1] we produced Total Electron Content (TEC) time series Tashkent and Kitab and applied them to detect anomalous TEC signals preceding or accompanying the local earthquakes occurred in years 2006 - 2012. For example, [2] also reported a TEC decrease the day preceding the December 2003,  $M6.6$ , San Simeon earthquake in the central California and [3] on 11 April 2012, an  $M8.6$  earthquake struck the west coast of Northern Sumatra, Indonesia, (Geographic lat.  $02.311^{\circ}$ N, Lon.  $93.063^{\circ}$ E, depth 22.9 km) as a result of strike-slip faulting within the oceanic lithosphere of the Indo-Australia plate. Earthquakes are [4] one of the most destructive and harmful natural disasters, especially in recent years, the