

## The harmonic and spectral analysis of the geomagnetic field and correlation of its components with earthquake sources in the Northern Tien Shan

Vorontsova E.V.,

E-mail: [vorontsova@gdirc.ru](mailto:vorontsova@gdirc.ru)

RS RAS, Bishkek-49, Kyrgyzstan

A lot of scientific articles study correlation of seismic activity with variations of different components of the Earth's magnetic field. More often this is correlation with a single factor, such as secular variations, Sq-variations, Wolf's numbers, Kp- and Ap- indices, as well as with the frequency and origin times of geomagnetic storms, etc. However, a complete analysis requires different Earth's field components taken together. Only then, it will allow comparing planetary and local field variations and calculating a ratio of the external (ionospheric) field  $T_e$  to the induced (lithospheric) variations  $\delta T_i$ .

The magnetic field  $T_T$  observed on the Earth's surface is the superposition of several fields:  $T_T = T_0 + T_a + T_e + \delta T_i$  [1], where

1.  $T_0$  is the main field of Earth's core produced by processes deep in the Earth's interior;
2.  $T_a$  is the main local field due to the magnetization of rocks and processes in the upper crust;
3.  $T_e$  is the field produced and modulated in the ionosphere by external sources from the Sun (S) and the Moon (L), the solar wind and the interplanetary field ( $T_{st}$ ), and geomagnetic pulsations (P):  $T_e = S + L + T_{st} + P$ ;
4.  $\delta T_i$  are the variations induced by  $T_e$  in the lithosphere, in the upper mantle, and in the ocean.

The total Earth's field  $T_T$  is a sum of the global ( $T_{glob}$ ) and local ( $T_{loc}$ ) components, where  $T_{glob} = T_0 + \delta T_{glob}$  and  $T_{loc} = T_a + \delta T_{loc}$ . The component  $T_{glob}$  bears signature of planetary processes: the long-term variation of the main field  $T_0$ , the solar and lunar variations, and the global geomagnetic storms.  $T_{loc}$  is a sum of the main local field  $T_a$  and the field  $\delta T_{loc}$ , which results from local magnetic disturbances and induced variations in lithospheric conductors, including fault zones.

The two components  $\delta T_{glob}$  and  $\delta T_{loc}$  are inferred from data of remote and local stations, respectively.

In this work, we analyzed the hourly means of H, D, Z components of the geomagnetic field from fifteen magnetic stations (18.62°-55.47° N, 0.5°-144.19° E) and the total field T at the station Ak-Suu (42.6° N, 74° E), for the observation period of 1980 through 2009. The data processing included spectral analysis and calculation of the following components: secular variations  $T_0 + T_a$ , Sq- and L- variations, and variations  $T_{st} + P$  of the geomagnetic storms and pulsations.

The spectral analysis of geomagnetic field has shown the solar periods of 6; 8; 12; 24 hours, 13.8; 27.8; 93; 128; 195; 350 days and 11 years; and the lunar periods of 6.103; 8.185; 12.421; 25.744 hours, and the period 29.53 days which is equal to the lunar month. The observed periods agree better with the commonly known periods (annular, seasonal, daily, and the ~27-day period of solar activity). The amplitudes and phases of the diurnal and semidiurnal variations of the total magnetic field have an annular period. The amplitude maximum is at the solstices and the minimum is at the equinoxes.

According to the high-resolution spectral analysis, the solar and lunar harmonics split as a result of annular and ~27-day modulations associated with solar activity. The spectrum contains the

sidebands  $S_n$  and  $L_n$  at the frequencies  $f_n \pm k/365.25$  and  $R_n$  at  $f_n \pm k/27.5$  ( $n=1,2, \dots$ ;  $f_n$  is the main frequency of the  $n$ -th harmonic in cpd,  $k=\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ ).

The Sq- and L- variations are commonly calculated with the Chapman-Miller harmonic analysis. In this work, however, we applied three different methods (Chapman-Miller harmonic analysis [2], Fourier filtering and inversion, and SSA) and compared the results. Each method has its advantages and drawbacks. The Chapman-Miller analysis allows using data with time gaps, but it is very sensitive to pulse noise and the error increases considerably as the time window decreases. The two other methods are free from these problems but require long continuous time series. The SSA method is more accurate than the Fourier one and allows working with individual (diurnal, semidiurnal, etc.) components but it takes much time and computing resources.

After the secular trend  $T_0+T_a$ , Sq- and the L- variations has been removed, the residual component  $T_{st}+P$  characterizes disturbance from storms and pulsations. The inter-hourly differences  $IHV_T$  (Inter-Hourly Value [3]) of the total field  $T$  and the H, D, Z components were calculated for data from each magnetic station. The comparison of geomagnetic data and the patterns of calculated  $IHV_T$  for different stations allows one to determine the origin time of geomagnetic storms, as well as to find and separate the global and local storms. This analysis provides a more precise characteristic of local geomagnetic disturbances than the use of the Kp- and Dst- indices.

The variations of geomagnetic magnetic field were correlated with seismic data from the KNET-catalog of earthquakes for the Northern Tien Shan region ( $40.5^\circ$ - $44.5^\circ$  N,  $71.5^\circ$ - $78.5^\circ$  E), which includes 6475 seismic events within the period 1994-2009.

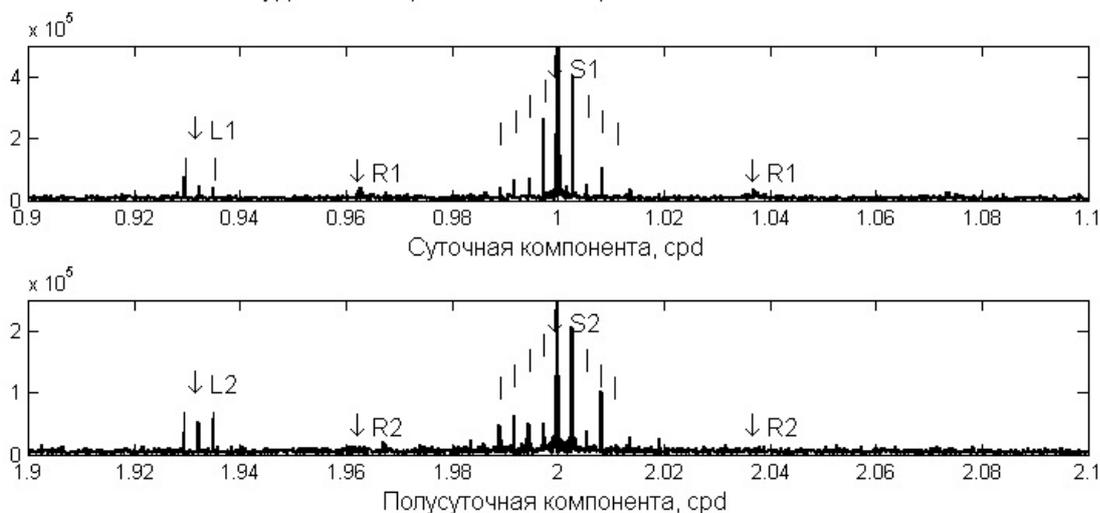
Various statistical and spectral analyses of the seismic activity time series have yielded long and short periods of 12, 14, 18, 27.3, 120, 360 days and 8; 12; 14.5; 24 hours, respectively.

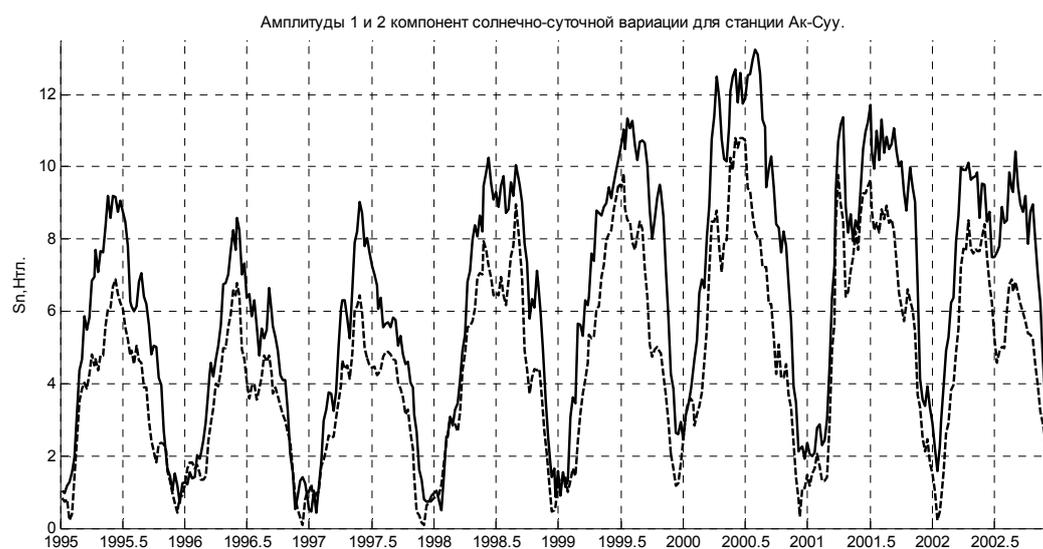
The reported study has revealed a number of common periods (8, 12, 24 hours, 13.8;  $\sim$ 27.8; 120; 360 days) in the geomagnetic field and seismic activity variations, possibly indicating a correlation between the two.

## References

1. Yanovskiy: Earth's magnetism. 1978.
2. Chapman, Lindzen: Atmospheric tides. 1969.
3. Svalgaard: IHV - a new long-term geomagnetic index. 2000.
- 4.

Амплитудный спектр полного вектора геомагнитного поля T.





## Гармонический анализ вариаций полного вектора $T$ геомагнитного поля, и связь компонент с сейсмической активностью Северного Тянь-Шаня

Е.В. Воронцова, e-mail: [vorontsova@gdirc.ru](mailto:vorontsova@gdirc.ru)  
 Научная станция РАН, Бишкек-49, Кыргызстан

Большое количество научных работ, опубликованных в периодических изданиях, посвящено исследованиям связи сейсмической активности Земли с вариациями компонент магнитного поля и солнечной активностью. При этом исследуются корреляции сейсмической активности Земли с вариациями векового тренда магнитного поля,  $S_q$ -вариацией, с числами Вольфа  $W$ , с индексами геомагнитной активности  $K_p$ ,  $A_p$ , с количеством и моментами возникновения геомагнитных бурь, и другими геофизическими факторами. Но только исследование всех возможных компонент магнитного поля совместно позволяет провести комплексный анализ, выделить (оценить) вклад общепланетарных геомагнитных процессов и локальных откликов, т.е. рассчитать соотношение внешнего поля  $T_e$  и индуцированных вариаций  $\delta T_i$  (ионосферной и литосферных частей наблюдаемого магнитного поля).

Наблюдаемое на поверхности Земли магнитное поле  $T_T$  является суперпозицией нескольких полей  $T_T = T_0 + T_a + T_e + \delta T_i$  [1]:

- 1) главного поля  $T_0$ , создаваемого ядром Земли и процессами, протекающими в глубинных горизонтах земного шара,
- 2) локального поля  $T_a$ , обусловленного намагниченностью и процессами верхних частей земной коры.
- 3) магнитного поля  $T_e$ , вызываемого и модулируемого влиянием внешних источников: Солнца, Луны, потоков солнечного ветра ( $T_{st}$ ), и пульсаций:  $T_e = S + L + T_{st} + P$ ,
- 4) поля вариаций, индуцированных в земной коре, верхней мантии и в океанической среде –  $\delta T_i$ , причины генерации которых связываются с источниками, расположенными вне земного шара.

Полный вектор магнитного поля  $T_T$ , наблюдаемый на земной поверхности, является суммой глобальной компоненты  $T_{glob}$  и локальной компоненты  $T_{loc}$ , где  $T_{glob} = T_0 + \delta T_{glob}$ ,  $T_{loc} = T_a + \delta T_{loc}$ .  $T_{glob}$  несет информацию об общепланетарных процессах: долгопериодных вариациях главного поля  $T_0$ , вариациях  $S$ ,  $L$ , и общепланетарных магнитных возмущениях.  $T_{loc}$  представляет собой сумму локального поля  $T_a$ , и поля  $\delta T_{loc}$ , связанного с локальными магнитными возмущениями и локальным откликом в проводящих слоях литосферы и в разломных зонах. Для определения  $\delta T_{glob}$  необходимо исследовать магнитограммы с различных географически удаленных друг от друга станций. Для определения  $\delta T_{loc}$  следует использовать магнитограммы близко расположенных станций.

В работе использовались среднечасовые значения компонент  $H$ ,  $D$ ,  $Z$  для 15 магнитных станций, расположенных в северном полушарии ( $18.62^\circ$ - $55.47^\circ N$ ,  $0.5^\circ$ - $144.19^\circ E$ ) и значения полного вектора магнитного поля  $T$  для станции Ак-Суу ( $42.6^\circ N$ ,  $74^\circ E$ ) за период 1980-2009 годы. Для используемых данных был проведен спектральный анализ и рассчитаны следующие компоненты: вековой тренд  $T_0 + T_a$ ,  $S_q$ - и  $L$ -вариации, остаточная  $T_{st} + P$  вариация магнитных бурь и пульсаций.

При спектральном анализе геомагнитного поля Земли, выделяются «солнечные» периоды: 6; 8; 12; 24; часа, 13.8; 27.8; 93; 128; 195; 350 дней, 11 лет и «лунные» периоды: 6.103; 8.185; 12.421; 25.744 часа и период 29.53 суток, равный лунному месяцу. Полученные периоды хорошо согласуются с общеизвестными периодами (годовые, сезонные, суточные и 27-дневным квазипериодом солнечной активности). Амплитуды и фазы гармоник имеют выраженную годовую периодичность. В дни зимнего солнцестояния амплитуда наименьшая.

Более детальный спектральный анализ полного вектора  $T$  с высоким разрешением по частотам показывает расщепление солнечных  $S$  и лунных  $L$  гармоник из-за годовой модуляции и квазимодуляции периодом  $\sim 27$ -28 дней. На спектре видны серии боковых пиков

$S_n$  и  $L_n$  с периодами  $f_n \pm k/365.25$  и серии  $R_n$  с частотами  $f_n \pm k/27.5$ , где  $n$  - номер компоненты,  $f_n$  - соответствующая ей частота в циклах в день (cpd).

Для выделения суточных магнитных вариаций  $S_q$ - и  $L$ -вариаций классическим методом является гармонический анализ Чепмена-Миллера. В данной работе параметры  $S_q$ - и  $L$ -вариация определялись 3-мя способами (что позволило сравнить эффективность использования данных методов): методом Чепмена-Миллера (гармонический анализ) [2], фильтрацией и восстановлением по Фурье-спектру, методом SSA-анализа.

Каждый из перечисленных методов имеет свои достоинства и недостатки. Метод Чепмена-Миллера позволяет работать с временными рядами даже при отсутствии некоторых значений («разорванные ряды»). Однако, этот метод наиболее чувствителен к выбросам и импульсным помехам, и при уменьшении длины временного окна значительно возрастает ошибка вычислений. Второй и третий методы лишены перечисленных недостатков, но требуют длинных непрерывных рядов. Метод SSA-анализа в сравнении с восстановлением по Фурье-спектру более точен и позволяет работать с отдельными компонентами (суточными, полусуточными и т.д.), но требует больших временных и аппаратных ресурсов.

После удаления векового тренда  $T_0+T_a$  и  $S_q$ - и  $L$ -вариаций, остаточная компонента  $T_{st}+P$  характеризует вариацию магнитных бурь и пульсаций. Для каждой станции вычислялась межчасовая разница  $IHV_T$  (Inter-Hourly Value [3]) значений полного вектора  $T$ , для станций с данными для трех компонент также вычислялась межчасовая разница значений  $H$ ,  $D$ ,  $Z$ . Сравнение геомагнитных данных и распределений полученных межчасовых разниц для большого числа станций позволяет определить время начала магнитных бурь и выделить глобальные и локальные бури. Такой анализ позволяет более точно характеризовать локальную геомагнитную возмущенность по сравнению с использованием  $K_p$ - и  $Dst$ -индексов.

Для анализа возможного влияния геомагнитного поля Земли на сейсмическую активность использовался каталог землетрясений сети KNET, включающий 6475 событий за 1994-2009 гг. В работе проведены различные статистические и спектральные анализы каталога сейсмической активности. Для выбранного региона были выделены характерные периоды сейсмической активности. Длинные периоды 12, 14, 18, 27.3, 120, 360 суток и короткие периоды 8; 12; 14.5; 24 часов.

В результате работы показано наличие общих периодов 8, 12, 24 часа, 13.8; ~27.8; 120; 360 суток для вариаций геомагнитного поля Земли и сейсмической активности, что указывает на взаимосвязь этих процессов.

Литература.

5. Яновский Б.М. Земной магнетизм. 1978.
6. Chapman, Lindzen. Atmospheric tides. 1969.
7. Svalgaard. IHV - a new long-term geomagnetic index. 2000.