

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ИНДЕКСОВ ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ ALGORITHM OF MAGNETIC ACTIVITY INDICES CALCULATION

Э.М.Дмитриев, В.А.Филиппов

Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН, eldar@borok.yar.ru

In the report the algorithm to automate calculation of magnetic activity indices in real-time mode, reproducing the J. Bartels's procedure to calculate K-indices, is considered. The generally used magnetic activity K-index, introduced by J. Bartels in 1938, is a measure of maximum deviations during consecutive three-hour intervals of geomagnetic field values from a quiet daily Sq-variation - the average smoothed curve, made by the several magnetograms of quiet field with clearly defined day variations (usually five magnetograms per a month are used).

Now many observatories use different methods to reveal the quiet daily Sq-variation, based on mathematical processing of magnetic field variations within every day, such as FMI-method. The advantage of these methods is their immediacy, however, those geomagnetic activity indices, generally speaking, differ from Bartels's K-indices.

This work presents the algorithm to calculate magnetic activity indices, based on Bartels's method, but using automatic calculation of a quiet daily Sq-variation. The list of quiet geomagnetic field days is formed by have already been calculated indices. Thus, the introduced algorithm provides both tracing of Sq-variation change and calculation of magnetic activity indices in real-time mode.

The calculations of magnetic activity indices according to data obtained in Borok Geophysical Observatory [58°04'N, 38°14'E] for different time intervals are resulted. It is shown that values of counted indices adequately characterize geomagnetic field perturbations and agree with the values of Kp-indices.

Введение

В докладе рассмотрен алгоритм, позволяющий полностью автоматизировать расчет индексов геомагнитной активности в режиме реального времени, и воспроизводящий при этом первоначальную методику расчета К-индексов Дж. Бартельса [1]. Наиболее употребительный К-индекс геомагнитной активности, введенный Дж. Бартельсом в 1938г, служит мерой максимальных отклонений на последовательных трехчасовых промежутках значений геомагнитного поля от спокойной солнечно-суточной Sq-вариации – средней кривой, построенной по нескольким магнитограммам спокойного поля с четко выраженными дневными вариациями (обычно использовались пять магнитограмм в месяц).

В настоящее время на многих обсерваториях применяются различные методы выявления спокойно-суточной Sq-вариации, основанные на математической обработке вариаций магнитного поля в течение каждого дня, в частности FMI-метод [2]. Достоинством этих методов является их оперативность, однако, такие индексы геомагнитной активности, вообще говоря, отличаются от К-индексов Бартельса. Альтернативой их применению является разработка методов, эффективно использующих информационные технологии, но, в то же время, воспроизводящих оригинальную методику Бартельса [3]. В данной работе представлен алгоритм вычисления индексов геомагнитной активности основанный на методе Бартельса с автоматическим вычислением спокойно-суточной Sq-вариации.

Описание алгоритма

В качестве входных данных для расчета индексов геомагнитной активности используются суточные файлы результатов измерений трех компонент геомагнитного поля. Результаты расчетов выводятся в месячный файл индексов геомагнитной активности. Для вычисления спокойно-суточной Sq-вариации выбираются дни с наименьшей геомагнитной возмущенностью. При этом в качестве меры возмущенности геомагнитного поля используется максимальное за сутки отклонение горизонтальной компоненты геомагнитного поля от спокойно-суточной кривой. Ранее рассчитанные значения этих максимальных отклонений за каждые сутки хранятся в файле геомагнитных возмущений. Алгоритм расчета индексов геомагнитной активности для текущих суток выглядит следующим образом.

1. Прочитать файл геомагнитных возмущений. Из 30 дней, предшествовавших текущим суткам выбрать 5 наиболее спокойных дней, для которых значения суточные геомагнитных возмущений минимальны.
2. Прочитать результаты измерений за каждый из 5 наиболее спокойных дней. Вычислить спокойно-суточную Sq-вариацию как значение горизонтальной компоненты геомагнитного поля, усредненное по этим 5 наиболее спокойным дням.

3. Прочитать результаты измерений за текущий день. Найти разность между максимумом и минимумом отклонения измеренной горизонтальной компоненты геомагнитного поля от спокойно-суточной Sq-вариации на последовательных трехчасовых интервалах текущих суток. Записать наибольшее из полученных значений в файл геомагнитных возмущений для текущих суток.

4. Перевести полученные на предыдущем шаге значения отклонений горизонтальной компоненты геомагнитного поля от спокойно-суточной Sq-вариации в индексы геомагнитной возмущенности согласно логарифмической шкале.

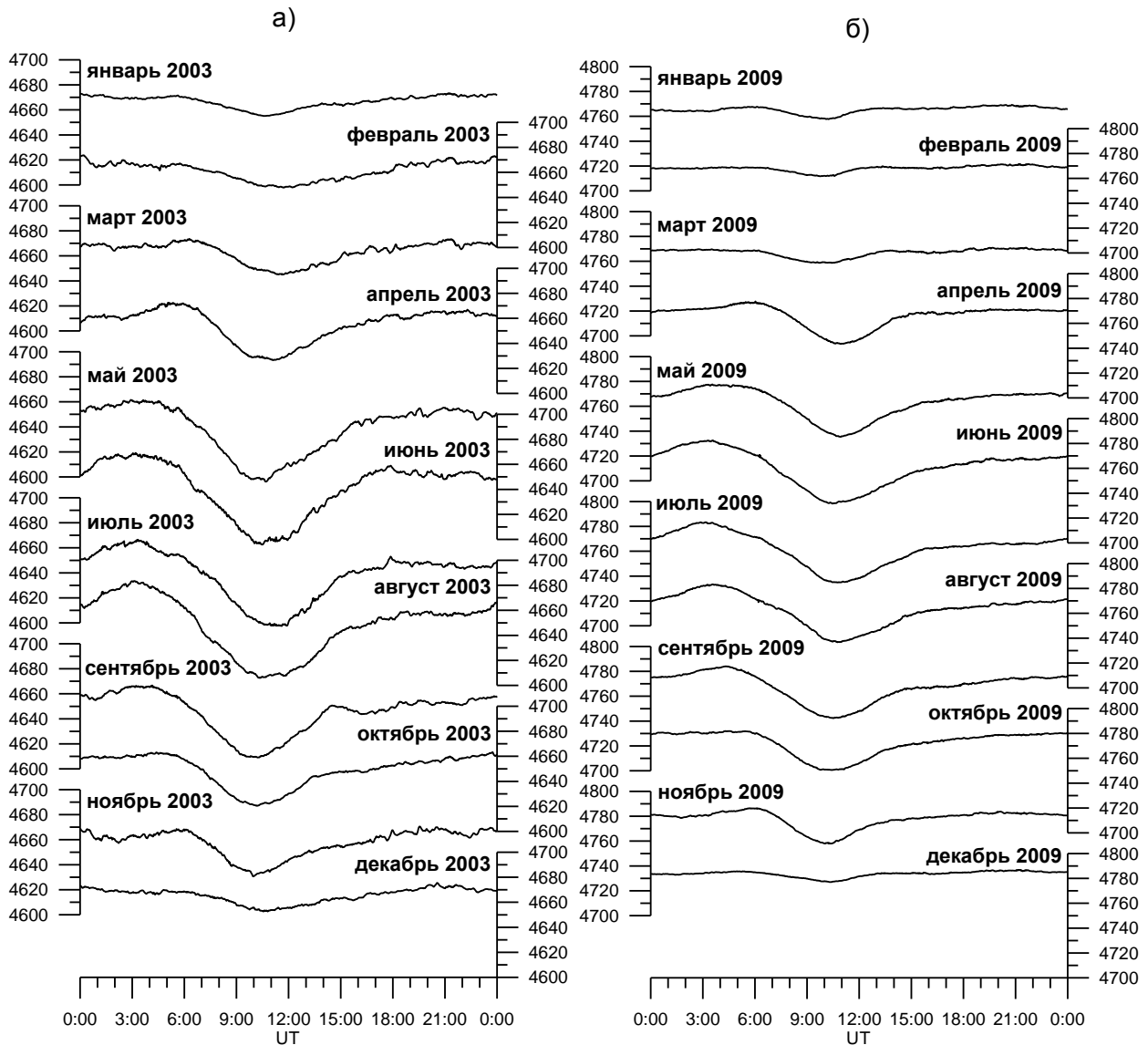


Рис. 1. Среднемесячные солнечно-суточные Sq-вариации геомагнитного поля (нТл) на ГО «Борок» для 2003 г. (а) и 2009 г. (б).

Если в файле геомагнитных возмущений не содержатся оценки для каких-либо из 30 дней, предшествовавших текущему дню, то на первом шаге алгоритма наиболее спокойные 5 дней выбираются как дни с наименьшими суточными значениями Kp-индексов. Подобная ситуация может возникнуть, когда в соответствующие дни геомагнитные измерения не проводились. При непрерывных обсерваторских наблюдениях это имеет место только в начале измерений.

Таким образом, данный алгоритм обеспечивает как отслеживание изменения Sq-вариации, так и расчет индексов геомагнитной активности в режиме реального времени. При этом дни спокойного геомагнитного поля, по которым вычисляется Sq-вариация, определяются на основе ранее полученных данных.

Апробация алгоритма

Описанный алгоритм применяется на среднеширотной [58°04'N, 38°14'E] Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН (<http://borok.adm.yar.ru>) для вычисления в режиме реального времени индексов геомагнитной активности [4]. В качестве входных данных используются представленные в цифровом виде результаты непрерывных обсерваторских измерений геомагнитного поля, проводимых в рамках международной программы геомагнитных наблюдений SAMNET (<http://www.dcs.lancs.ac.uk/iono/samnet>). Автоматическая магнитометрическая станция SAMNET, входящая в состав обсерваторского информационно-измерительного комплекса, включает в себя наряду с трехкомпонентным fluxgate-магнитометром, систему GPS для привязки данных к единому времени и цифровую систему сбора данных. Тактовая частота сбора данных системы SAMNET составляет 1 Гц. Цифровые данные геомагнитных измерений через локальную сеть сбора данных поступают на сервер базы данных среднеширотной Геофизической обсерватории «Борок», где сохраняются в виде текстовых часовых файлов [5].

Программное обеспечение сервера базы данных автоматически рассчитывает индексы геомагнитной активности для истекших суток [6]. Графики изменений индексов за текущий месяц отображаются на web-сайте базы данных (<http://geobrk.adm.yar.ru>; <http://geodata.borok.ru>).

Примеры среднемесячных кривых, построенных для солнечно-суточных Sq-вариаций, которые рассчитывались по вышеописанному алгоритму, представлены на рис. 1. На нем приведены соответствующие кривые для всех месяцев двух лет: 2003 г., когда имел место максимум солнечной активности, и 2009 г., когда наблюдался ее минимум. Приведенные графики отражают характерные особенности поведения и сезонные изменения спокойных солнечно-суточных Sq-вариаций.

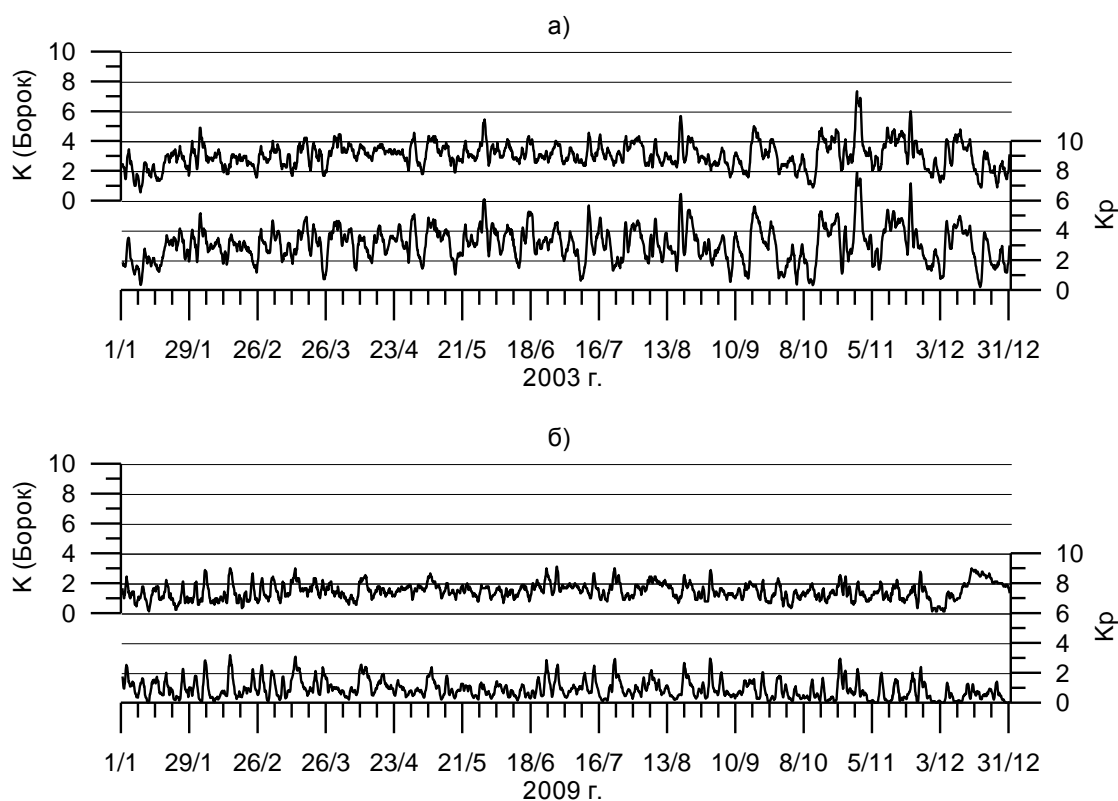


Рис. 2. Сравнение расчетных среднесуточных индексов геомагнитной активности на ГО «Борок» ИФЗ РАН и Kp-индексов для 2003 г. (а) и 2009 г. (б).

Вариации индексов геомагнитной активности, рассчитанных для тех же периодов времени (2003 г. и 2009 г.) показаны на Рис. 2. Здесь же приведены вариации планетарных Kp индексов геомагнитной активности за те же годы. Из рисунков видно, что поведение индексов, рассчитанных по данным Геофизической обсерватории «Борок», хорошо соотносится с поведением планетарных Kp индексов. Таким образом, индексы геомагнитной активности,

рассчитываемые по предложенному алгоритму, качественно верно отражают состояние геомагнитного поля.

Заключение

Описан алгоритм и приведены примеры расчетов спокойной Sq-вариации и индексов геомагнитной активности по данным геофизической обсерватории «Борок» для различных периодов времени. Показано, что величины рассчитываемых индексов адекватно характеризуют возмущения геомагнитного поля и согласуются со значениями Кр-индексов глобальной геомагнитной активности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 08-07-00194).

Литература

1. Bartels J., Heck N.H., Johnston H.F., The three-hour-range index measuring geomagnetic activity, J. Geophys. Res., V. 44, P. 411–454, 1939.
2. Menvielle M., Papitashvili N., Hakkinen L., Sucksdorff C., Computer production of K indices: review and comparison of methods, Geophys. J. Int., V. 123, P. 866–886, 1995.
3. Нечаев С.А., Руководство для стационарных геомагнитных наблюдений, Институт географии СО РАН, 140 стр., 2006.
4. Анисимов С. В., Дмитриев Э. М., Сычев А.Н. Информатизация наблюдений геофизических полей на обсерватории «Борок», Геофизические исследования, Т. 7, С.107–129, 2007.
5. Anisimov S.V., Chulliat A., Dmitriev E.M., Information-measuring complex and database of mid-latitude Borok Geophysical Observatory, Russian Journal of Earth Sciences, V. 10, doi: 10.2205/2007ES000227, 2008.
6. Анисимов С.В., Дмитриев Э.М., Геоинформационные технологии геомагнитных наблюдений на Геофизической обсерватории «Борок», Российский журнал наук о Земле, Т. 11, doi: 10.2205/2009ES000401, 2009.

ПЕЛЕНГАЦИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ГРОЗ НАД КАМЧАТКОЙ DIRECTION FINDING OBSERVATIONS DURING THUNDERSTORM PASSING OVER КАМЧАТКА

Г.И.Дружин, Н.В.Чернева, А.Н. Мельников

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, drug@ikir.ru

The azimuth distributions of thunderstorm discharges, which were registered by VLF direction finder during the passage of thunderstorms in the summer 2007 and 2009 via point Paratunka (Kamchatka), are considered. It is shown, that the azimuth distribution of thunderstorms coincides enough with the distribution calculated on the basis of world network, WWLLN, but the quantity of discharges, accepted by VLF direction finder, exceeds approximately on the order the discharges registered by stations WWLLN.

В Институте космических исследований и распространения радиоволн (ИКИР) ДВО РАН на обсерваторском пункте «Паратунка», Камчатского края, осуществляется непрерывная регистрация электромагнитных излучений с применением ОНЧ-пеленгатора. Регистрация проводится в диапазоне частот от 3 до 60 кГц. Пеленгатор разработан и изготовлен в ИКИР ДВО РАН. Сигналы от грозových источников принимаются антенной системой пеленгатора, состоящей из двух взаимно-перпендикулярных рамочных и одной штыревой антенн. Рамочные антенны, предназначенные для приема магнитной составляющей электромагнитного поля, расположены вертикально, плоскостью в направлении север-юг и восток-запад. Каждая рамочная антенна состоит из деревянного каркаса длиной 8 м и высотой 4 м, на котором закреплен 100-витковый кабель, заключенный в металлический экран. Штыревая антенна служит для приема электрической составляющей электромагнитного поля и состоит из мачты высотой 30 м, на вершине которой на изоляторе установлен штырь высотой 1 м с емкостной насадкой. Наведенные на антеннах напряжения поступают на предварительные усилители, находящиеся непосредственно у основания антенны, затем по кабельной линии связи подаются на блок аналоговой и цифровой обработки сигнала. После усиления, частотной фильтрации и преобразования в цифровую форму сигналы записываются на компьютер. Запись отдельных реализаций производится при превышении определенного порогового напряжения сигнала. В результате обработки создаются 2 суточных файла, в один из которых записываются реализации сигнала (текущие значения напряжений электрической и магнитной компонент поля), в другой только определенные параметры реализации (дата, время, средние значения компонент поля,