

УДК 550.3; 550.4

## ВАРИАЦИИ *K*-ИНДЕКСА ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ

© 2017 г. С.А. Рябова, А.А. Спивак

Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия

Приводятся результаты статистического анализа геомагнитной активности на расположенной в Московской области (центральная часть Восточно-Европейской платформы) Геофизической обсерватории «Михнево» Института динамики геосфер Российской академии наук (54.960° с.ш.; 37.774° в.д.) и исследования ее связи с солнечной активностью. В качестве характеристики геомагнитной активности используется стационарный геомагнитный *K*-индекс. При вычислении *K*-индекса методом адаптивного сглаживания привлекаются результаты инструментальных наблюдений за геомагнитным полем, выполненных на Геофизической обсерватории «Михнево» за период с 2009 г. по 2015 г. Геофизическая обстановка Московского региона характеризуется значительным количеством дней с возмущенным состоянием геомагнитного поля (за анализируемый период в 181 случаях регистрировались магнитные бури и в 333 случаях отмечалась возмущенная геомагнитная обстановка). При этом наблюдается тенденция к увеличению геомагнитной активности со временем: с 2009 г. по 2015 г. количество дней с возмущенной геомагнитной обстановкой увеличилось практически в 8 раз. В повторяемости геомагнитных возмущений по индексу *K* наблюдаются четко выраженные двухнедельная, 27-суточная, 60-суточная, полугодовая и годовая периодичности. Суммарная продолжительность геомагнитных возмущений, характеризующихся  $K \geq 4$ , существенно изменяется со временем. Оценка корреляционной связи между суммарным за месяц количеством геомагнитных возмущений, характеризующихся величиной  $K \geq 3$ , и параметром, определяющим интенсивность (плотность потока) радиоизлучения Солнца на частоте 2800 МГц (10.7 см)  $F 10.7$ , свидетельствует о значимой корреляции между количеством геомагнитных возмущений и солнечной активностью.

*Ключевые слова:* среда обитания, мегаполис, инструментальные наблюдения, магнитное поле, *K*-индекс, индекс  $F 10.7$ .

PACS 91.30.Bi, 91.55.Ax

### Введение

Результаты инструментальных наблюдений свидетельствуют о наличии значительных по амплитуде вариаций магнитного поля Земли [Афанасьева, Шевнин, 1978; Бондарь и др., 2003; Головков и др., 2004; Гордина и др., 2006; Мороз и др., 2011; Сомсиков

и др., 2011; Гвишиани, Лукьянова, 2015]. Наиболее сильные изменения магнитного поля наблюдаются в периоды магнитных бурь и близких к ним по характеру возмущений меньшей интенсивности. Данные, получаемые при исследовании геомагнитных вариаций, позволяют не только устанавливать и классифицировать их источники, но также формировать основу для совершенствования и разработки новых моделей источников магнитосферных и ионосферных возмущений [Троицкая, Гульельми, 1969; Обридко и др., 2013; Гвишиани, Лукьянова, 2015], новых способов и методов магнитотеллурического и магнитовариационного зондирования [Светов и др., 1997; Водяников и др., 2006; Бердичевский, Дмитриев, 2009], а также способов диагностики геодинамического состояния земной коры [Гульельми, 2007] и исследования метеорологических процессов в атмосфере [Лобычева, Седых, 2015].

Не менее интересным представляется изучение более слабых по сравнению с бурями возмущений магнитного поля, характеристики которых могут содержать информацию как о глобальных, так и о локальных источниках.

Особое значение приобретает изучение геомагнитных вариаций в связи с необходимостью установления и количественного описания условий среды обитания человека, что востребовано при оценке показателей его функционального состояния, прогноза биотропных эффектов, сердечного ритма и других биофизических эффектов [Белишева и др., 1995; Ораевский и др., 1998; Птицына и др., 1998; Stoupe, 1999; Бинги, Савин, 2003; Мартынюк и др., 2004, 2012; Bistolfi, 2007; Зенченко и др., 2008, 2013; Мартынюк Темурияни, 2009; Бреус и др., 2010; Дроздов и др., 2010; Марков и др., 2013; Таликина и др., 2013; Liboff, 2013]. Учитывая высокую плотность населения в центральном районе России, а также близость к крупному мегаполису, каким является г. Москва, изучение геомагнитной активности на геофизической обсерватории «Михнево» (ГФО МНУ) Института динамики геосфер РАН (ИДГ РАН), расположенной в 85 км южнее г. Москва, представляется весьма важным.

Здесь следует отметить, что для данного региона в компонентах геомагнитного поля выявлен ряд периодичностей: суточные вариации, полугодовые, вариации с периодами 14 сут, около 27 и 60 сут, а также в диапазоне 6–9 сут [Рябова, Спивак, 2017]. Можно ожидать, что почти те же периодичности будут наблюдаться и в поведении геомагнитной активности.

Геомагнитную активность принято характеризовать индексами геомагнитной активности. Наиболее распространенным индикатором геомагнитной активности, определяемым по данным обсерваторских геомагнитных наблюдений, служит *K*-индекс геомагнитной активности [Bartels, 1938].

В настоящей работе проводится статистический анализ *K*-индекса на расположенной в Московской области (центральная часть Восточно-Европейской платформы) Геофизической обсерватории «Михнево» Института динамики геосфер Российской академии наук (54.960° с.ш.; 37.774° в.д.) и исследуется связь между солнечной и геомагнитной активностью.

### Исходные данные

Для анализа привлекались результаты инструментальных наблюдений за геомагнитным полем, выполненных в 2009–2015 гг. на расположенной в Московской обл. геофизической обсерватории «Михнево» (ГФО МНУ) ИДГ РАН [Адушкин и др., 2016]. ГФО МНУ (54.960° с.ш.; 37.774° в.д.) находится вдали от крупных промышленных объектов и источников электромагнитных полей, что обеспечивает устойчивую регистрацию магнитного поля в широком диапазоне частот.

Трехкомпонентная (ось  $X$  направлена на географический север, ось  $Y$  – на восток, ось  $Z$  – вертикально вниз) регистрация индукции магнитного поля (компоненты  $B_x$ ,  $B_y$  и  $B_z$ ) выполняется в стационарно оборудованном геомагнитном павильоне с помощью феррозондового магнитометра LEMI-018, электронный блок которого обеспечивает преобразование данных, получаемых с феррозондового датчика, их обработку и накопление с дискретностью 1 с [Адушкин и др., 2014]. В качестве исходных данных для анализа вариаций привлекались цифровые ряды, сформированные с дискретностью 1 мин.

По результатам регистрации геомагнитных вариаций вычислялся  $K$ -индекс с помощью метода адаптивного сглаживания, аккредитованного рабочей группой «геофизические индексы» Международной ассоциации геомагнетизма и аэронавтики (IAGA) на Венской генеральной ассамблее Международного геодезического и геофизического союза (IUGG) в 1991 г. [Nowożyński et al., 1991].

Технические характеристики используемых измерительных средств, результаты регистрации магнитного поля Земли на ГФО МНУ в виде привязанных ко времени цифровых рядов, а также рассчитанный индекс магнитной активности  $K$  для 3-часовых интервалов времени размещены на сайте ИДГ РАН (<http://idg-comp.chph.ras.ru/~mikhnevo/data/>).

## Результаты

**Особенности геомагнитной активности в Московском регионе.** Количественная характеристика геомагнитных возмущений разной интенсивности на ГФО МНУ за 2009–2015 гг. представлена в табл. 1. Из приведенных данных видно, что с учетом общего количества 3-часовых интервалов за указанный период наблюдений (20 448 интервалов) более чем в 41 % случаев наблюдалось в разной степени возмущенное состояние магнитного поля. Статистика наиболее сильных геомагнитных возмущений ( $K \geq 4$ ) по количеству дней в году приведена в табл. 2 (анализировалась выборка максимальных за сутки значений  $K$ ) и в виде гистограммы на рис. 1.

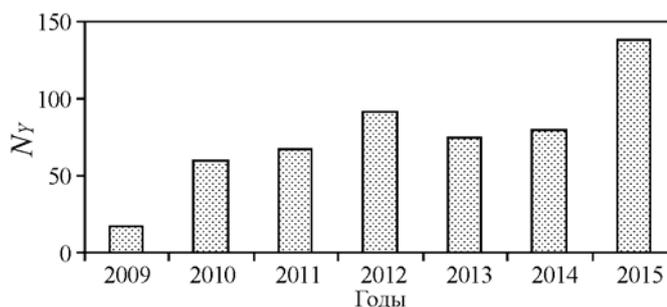
**Таблица 1.** Статистика геомагнитных возмущений разной интенсивности по 3-часовым интервалам для ГФО МНУ за 2009–2015 гг.

Показатель	Большая магнитная буря $K \geq 7$	Магнитная буря $K = 6$ $K = 5$		Состояние магнитного поля				
				Возмущенное		Слабовозмущенное		Спокойное
				$K = 4$	$K = 3$	$K = 2$	$K < 2$	
Количество событий	17	45	246	755	2408	4984	11 999	

**Таблица 2.** Количество дней на ГФО МНУ, характеризующихся геомагнитными возмущениями с  $K = K_0$  за исследуемый период

$K_0$	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
9	–	–	–	–	–	–	1
8	–	–	–	–	–	–	1
7	–	–	1	1	1	–	–
6	–	3	7	9	2	2	10
5	2	6	14	30	20	22	49
4	15	38	45	51	51	56	77

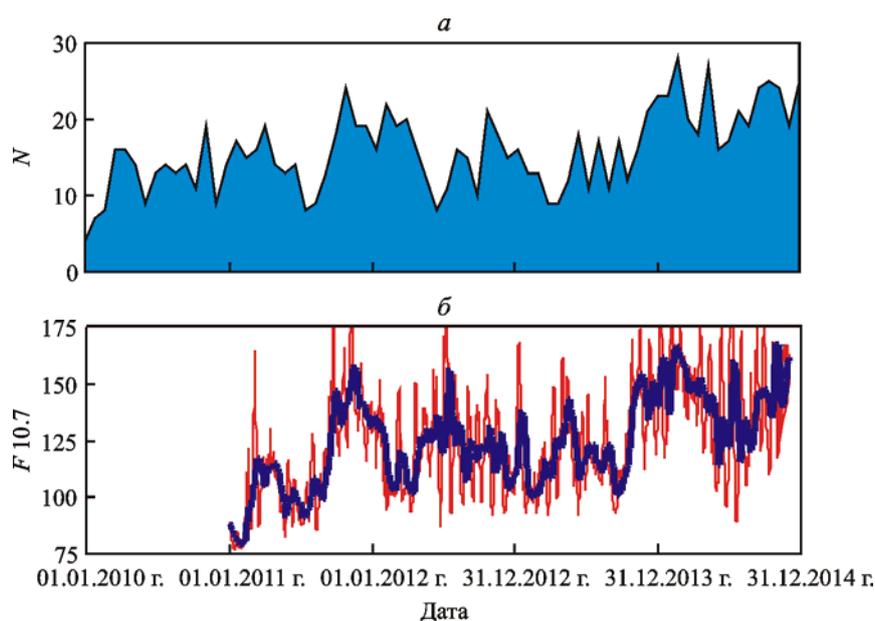
**Рис. 1.** Гистограмма количества дней в году на ГФО МНУ ( $N_y$ ), характеризующихся возмущенным состоянием геомагнитной обстановки с  $K \geq 4$



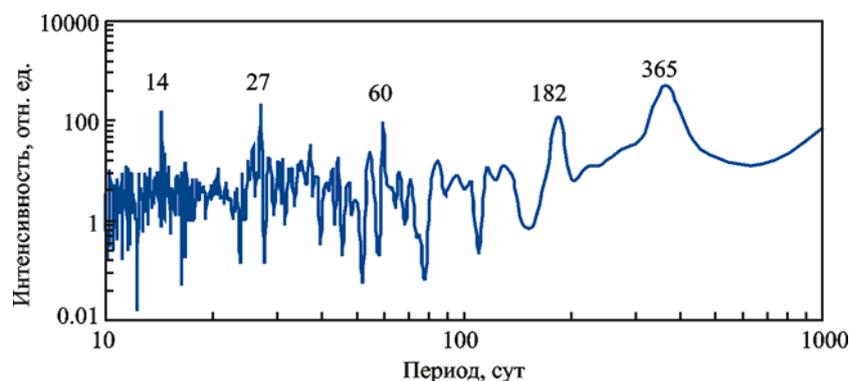
Приведенные данные свидетельствуют о достаточно высоком уровне геомагнитной активности на ГФО МНУ. Действительно, за 2556 дней наблюдений магнитные бури ( $K > 4$ ) наблюдались в 181 случаях, возмущенная геомагнитная обстановка ( $K = 4$ ) – в 333 случаях. Одновременно с этим отмечается (как это следует из данных табл. 2 и рис. 1) хорошо выраженная тенденция к увеличению со временем количества дней с магнитными бурями и суббурями.

Гистограмма помесечных вариаций общего количества геомагнитных возмущений  $N$  с  $K \geq 3$  для условий ГФО МНУ приведена на рис. 2. Приведенные данные также демонстрируют повышение в целом интенсивности геомагнитных возмущений со временем и наличие хорошо выраженных периодичностей в вариациях интенсивности геомагнитных возмущений. Для выделения периодичностей в потоке геомагнитных возмущений с большей детальностью в настоящей работе анализировался ряд суточных значений  $K_s$  (максимальное значение индекса  $K$  за сутки). Результаты в виде периодограммы представлены на рис. 3. Из приведенных данных следует, что вариации интенсивности геомагнитных вариаций характеризуются периодами около 14, 27, 60, 182 и 365 сут.

Поскольку основной причиной сильных вариаций магнитного поля на поверхности Земли являются возмущения межпланетного магнитного поля в результате взаимодействия солнечной плазмы с магнитосферой, представляет определенный интерес сопоставление геомагнитной и солнечной активностей. В качестве меры солнечной активности выбран индекс  $F 10.7$  – параметр, определяющий интенсивность (плотность потока) радиоизлучения Солнца на частоте 2800 МГц (10.7 см). В качестве меры



**Рис. 2.** Гистограмма помесечного количества геомагнитных возмущений с  $K \geq 3$  (а) и вариации индекса солнечной активности (б) на ГФО МНУ за период наблюдений

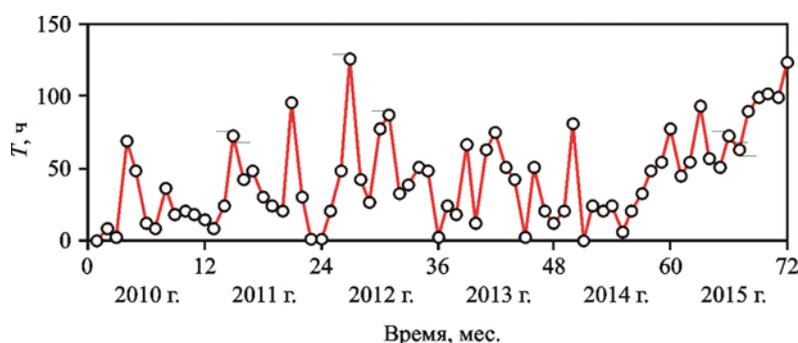


**Рис. 3.** Периодограмма повторяемости геомагнитных возмущений с максимальным за сутки индексом  $K_0$  на ГФО МНУ за исследуемый период (2010–2015 гг.)

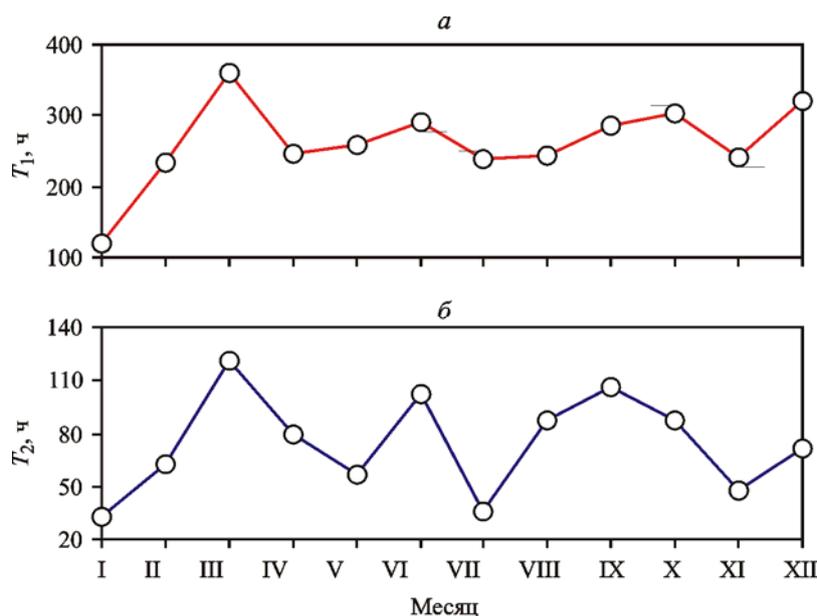
геомагнитной активности выбрано суммарное за месяц количество геомагнитных возмущений  $N$ , характеризующихся величиной  $K \geq 3$ . Результаты сопоставления временных вариаций величин  $N$  и  $F 10.7$  (см. рис. 2) показывают, что действительно в периоды увеличения индекса  $F 10.7$  наблюдается рост количества геомагнитных возмущений  $N$  и наоборот. Оценка корреляционной связи между  $N$  и  $F 10.7$  свидетельствует о значимой корреляции между количеством геомагнитных возмущений и солнечной активностью (коэффициент ранговой корреляции Спирмена составляет около 0.61 при значимости не хуже 0.05).

**Активные периоды геомагнитных возмущений.** Наряду с количеством событий важным параметром геомагнитной активности является общая продолжительность геомагнитных возмущений разной интенсивности  $T(K)$ . Анализ показывает, что, например, суммарная продолжительность геомагнитных возмущений, характеризующихся  $K \geq 4$ , существенно изменяется со временем (рис. 4). При этом отчетливо проявляется периодичность с периодом  $\sim 4.5$  мес.

Вычисление средней за 2009–2015 гг. суммарной помесечной продолжительности геомагнитных возмущений  $T_1$ , характеризующихся индексом  $K \geq 4$ , показывает (рис. 5, а), что величина  $T_1$  минимальна в январе, достигает максимума примерно в марте и практически постоянна и близка к величине  $\sim 256$  ч в период с апреля по декабрь (отмечается слабовыраженная периодичность с периодом около 3 мес.). Сложнее ведет себя средняя суммарная помесечная продолжительность геомагнитных бурь  $T_2$  ( $K = 5$  и 6). Как следует из данных, приведенных на рис. 5, б, величина  $T_2$  может изменяться в течение года в 2–2.5 раза с периодичностью равной  $\sim 3$  мес. Такое отличие в характере вариаций  $T_1$  и  $T_2$  можно объяснить весомым вкладом возмущений с  $K = 4$  (возмущенное состояние магнитного поля) в  $T_1$  – суммарную продолжительность геомагнитной активности.



**Рис. 4.** Суммарная длительность активного периода геомагнитных возмущений с  $K \geq 4$  на ГФО МНУ за исследуемый период



**Рис. 5.** Продолжительность по месяцам геомагнитных возмущений с  $K \geq 4$  (а) и магнитных бурь с  $K = 5$  и 6 (б) на ГФО МНУ за исследуемый период (2010–2015 гг.)

### Обсуждение

Индексы геомагнитной активности широко привлекаются при исследовании магнитных возмущений, например  $K_p$  [Shapiro, Ward, 1966],  $A_p$  [Fraser-Smith, 1972],  $aa$  [Delouis, Mauaud, 1975]. В настоящей работе в качестве характеристики геомагнитных возмущений используется стационарный  $K$ -индекс, поскольку именно эта величина определяет биофизическую характеристику среды обитания в конкретном регионе. Выполненный в настоящей работе сравнительный анализ планетарного  $K_p$  [Menvielle, Berthelier, 1991] и стационарного  $K$  (ГФО МНУ) индексов геомагнитной активности за 2009–2015 гг. показал, что в значительном количестве случаев ( $\sim 41\%$  от общего числа) максимальные за сутки значения  $K_p$  и  $K$  отличаются на одну единицу в ту или иную сторону (в 37 случаях это отличие составляет две единицы в меньшую для  $K$ -индекса сторону, в 8 случаях – в большую, а в одном случае отличие составляет три единицы в меньшую для  $K$ -индекса сторону). С учетом квазилогарифмической нелинейности шкалы определения  $K$ -индекса такое отличие в геомагнитной активности следует считать значительным.

Повторяемость геомагнитных возмущений по  $K$ -индексу характеризуется четко выраженными периодичностями с характерными периодами около 14, 27, 60, 182 и 365 сут. Эти периодичности согласуются с выявленными ранее периодичностями вариаций компонент магнитного поля Земли [например, Ogg, 1946; Kotzé, 2015], в том числе в центральной части Восточно-Европейской платформы (Московский регион) [Рябова, Спивак, 2017].

Установленная в настоящей работе значимая корреляция между количеством геомагнитных возмущений и солнечной активностью подтверждает достоверность результатов выполненных исследований и в очередной раз свидетельствует о том, что основной причиной геомагнитных возмущений в Московском регионе являются природные процессы.

Полученные количественные характеристики возмущения магнитного поля могут представлять интерес для специалистов, занимающихся вопросами, связанными с воздействием магнитного поля и его вариаций на организм человека, его психофизическое и психоэмоциональное состояние.

### Заключение

В результате выполненных исследований установлены следующие особенности геомагнитной активности для условий средней широты.

1. Геофизическая обстановка в Московском регионе в целом представляется возмущенной. С 2009 по 2015 г. магнитные бури ( $K > 4$ ) наблюдались в 181 случаях (при этом зарегистрировано пять больших бурь с  $K \geq 7$ ) и в 333 случаях отмечалась возмущенная геомагнитная обстановка ( $K = 4$ ).

2. Установлена тенденция к увеличению геомагнитной активности со временем (с 2009 по 2015 г. количество дней с возмущенной геомагнитной обстановкой увеличилось в 7.6 раз).

3. Показано, что повторяемость геомагнитных возмущений характеризуется четко выраженными периодичностями с характерными периодами около 14, 27, 60, 182 и 365 сут.

4. Выявлена значимая корреляция между количеством геомагнитных возмущений и вариациями индекса солнечной активности  $F 10.7$ .

### Благодарности

Исследования выполнены в рамках государственного задания «Создание в здании Института Центра геофизического мониторинга для систематических исследований негативных последствий на среду обитания и инфраструктуру Москвы природных и техногенных факторов» (проект № 0146-2014-0011).

### Литература

- Адушкин В.В., Спивак А.А., Харламов В.А. Особенности геомагнитных вариаций в центральной части Восточно-Европейской платформы // Физика Земли. 2014. № 2–3. С. 66–72.
- Адушкин В.В., Овчинников В.М., Санина И.А., Ризниченко О.Ю. «Михнево»: от сейсмостанции № 1 до современной геофизической обсерватории // Физика Земли. 2016. № 1. С. 108–119.
- Афанасьева В.И., Шевнин А.Д. Некоторые статистические характеристики магнитной активности // Геомагнитная активность и ее прогноз. М.: Наука, 1978. С. 5–33.
- Белишева Н.К., Попов А.Н., Петухова Н.В. Качественная и количественная оценка воздействия вариаций геомагнитного поля на функциональное состояние мозга человека // Биофизика. 1995. Вып. 5. С. 1005–1012.
- Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. М.: Науч. мир, 2009. 680 с.
- Бинги В.Н., Савин А.В. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы // Усп. физ. наук. 2003. Т. 173, № 3. С. 265–300.
- Бондарь Т.Н., Головков В.П., Яковлева С.В. Вековая вариация геомагнитного поля на интервале 1980–2000 гг. // Геомагнетизм и аэрономия. 2003. Т. 43, № 6. С. 854–857.
- Бреус Т.К., Гурфинкель Ю.И., Зенченко Т.А., Ожередов В.А. Сравнительный анализ чувствительности различных показателей сосудистого тонуса к метеорологическим и геомагнитным факторам // Геофизические процессы и биосфера. 2010. Т. 9, № 2. С. 23–36.
- Водяников В.В., Гордиенко Г.И., Нечаев С.А., Соколова О.И., Хомутов С.Ю., Яковец А.Ф. Наведенные токи в линиях электропередач по данным геомагнитных вариаций // Геомагнетизм и аэрономия. 2006. Т. 46, № 6. С. 853–858.
- Гвишиани А.Д., Лукьянова Р.Ю. Геоинформатика и наблюдения магнитного поля Земли: Российский фрагмент // Физика Земли. 2015. № 2. С. 3–20.
- Головков В.П., Зверева Т.И., Чернова Т.А. Годовая вариация магнитного поля Земли // Геомагнетизм и аэрономия. 2004. Т. 44, № 1. С. 129–134.
- Гордина В.М., Тихоцкий С.А., Щур Д.Ю. О восстановлении гармонического компонента аномалий модуля магнитного поля // Физика Земли. 2006. № 4. С. 69–79.
- Гульельми А.В. Ультранизкочастотные электромагнитные волны в коре и в магнитосфере Земли // Усп. физ. наук. 2007. Т. 177, № 12. С. 1257–1276.

- Дроздов А.В., Нагорская Т.П., Масюкевич С.В., Горшков Э.С. Квантово-механические аспекты эффектов слабых магнитных полей на биологические объекты // Биофизика. 2010. Т. 55, вып. 4. С. 740–749.
- Зенченко Т.А., Цандеков П.А., Григорьев П.Е., Мерзлый А.М., Зенченко К.И., Хорсева Н.И., Григал П.П. Исследование характера связей физиологических и психофизиологических показателей организма с метеорологическими и геомагнитными факторами // Геофизические процессы и биосфера. 2008. Т. 7, № 3. С. 25–36.
- Зенченко Т.А., Медведева А.А., Хорсева Н.И., Бреус Т.К. Синхронизация показателей сердечного ритма человека и вариаций геомагнитного поля в диапазоне частот 0.5–3.0 мГц // Геофизические исследования и биосфера. 2013. Т. 12, № 4. С. 73–83.
- Лобычева И.Ю., Седых П.А. Исследование влияния геомагнитной активности на метеорологические процессы в нижней атмосфере // Физика геосфер. Владивосток: Дальнаука, 2015. С. 334–338.
- Марков А.Л., Зенченко Т.А., Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Чувствительность к атмосферным и геомагнитным факторам функциональных показателей здоровых мужчин – жителей Севера России // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2013. Т. 47, № 2. С. 29–32.
- Мартынюк В.С., Темурияц Н.А. Магнитные поля крайне низкой частоты как фактор модуляции и синхронизации инфраничных биоритмов у животных // Геофизические процессы и биосфера. 2009. Т. 8, № 1. С. 36–50.
- Мартынюк В.С., Владимирский Б.М., Темурияц Н.А. Биологические ритмы и электромагнитные поля среды обитания // Геофизические процессы и биосфера. 2004. Т. 3, № 4. С. 91–97.
- Мартынюк В.С., Цейслер Ю.В., Темурияц Н.А. Интерференция механизмов влияния слабых электромагнитных полей крайне низких частот на организм человека и животных // Геофизические исследования и биосфера. 2012. Т. 11, № 2. С. 16–40.
- Мороз Ю.Ф., Мороз Т.А., Смирнов С.Э. Результаты мониторинга вариаций геомагнитного поля на обсерваториях «Магадан» и «Паратунка» // Физика Земли. 2011. № 8. С. 49–61.
- Обридко В.Н., Канониди Х.Д., Митрофанова Т.А., Шельтинг Б.Д. Солнечная активность и геомагнитные возмущения // Геомагнетизм и аэрономия. 2013. Т. 53, № 2. С. 157–166.
- Ораевский В.Н., Бреус Т.К., Баевский Р.М., Рапопорт С.И., Петров В.М., Барсукова Ж.В., Гурфинкель Ю.И., Рогоза А.Т. Влияние геомагнитной активности на функциональное состояние организма // Биофизика. 1998. Т. 43, вып. 5. С. 819–826.
- Птицына Н.Г., Виллорези Дж., Дорман Л.И., Юччи Н., Тясто М.И. Естественные и техногенные низкочастотные магнитные поля как факторы, потенциально опасные для здоровья // Усп. физ. наук. 1998. Т. 168, № 7. С. 767–791.
- Рябова С.А., Спивак А.А. Особенности геомагнитных вариаций на средних широтах Восточно-Европейской платформы // Геомагнетизм и аэрономия. 2017. Т. 57, № 2. С. 217–225.
- Светов Б.С., Каринский С.Д., Кукса Ю.И., Одинцов В.И. Магнитотеллурический мониторинг геодинамических процессов // Физика Земли. 1997. № 5. С. 36–46.
- Сомиков В.М., Андреев А.Б., Жумабаев Б.Т., Соколова О.И. Анализ суточной динамики спектра вариаций геомагнитного поля // Геомагнетизм и аэрономия. 2011. Т. 51, № 1. С. 68–72.
- Спивак А.А., Локтев Д.Н., Рыбнов Ю.С., Соловьев С.П., Харламов В.А. Геофизические поля мегаполиса // Геофизические процессы и биосфера. 2016. Т. 15, № 2. С. 39–54.
- Таликина М.Г., Изюмов Ю.Г., Крылов В.В. Реакция животных и растительных клеток на действие типичной магнитной бури // Геофизические процессы и биосфера. 2013. Т. 12, № 1. С. 14–21.
- Троицкая В.А., Гульельми А.В. Геомагнитные пульсации и диагностика магнитосферы // Усп. физ. наук. 1969. Т. 97, вып. 3. С. 453–464.
- Bartels J. Potsdamer erdmagnetische Kennziffern, Mitteilung // Zeitschrift für Geophysik. 1938. V. 14. P. 699–718.
- Bistolfi F. Extremely low-frequency pulsed magnetic field and multiple sclerosis: Effects on neuro transmission one oral soon immunomodulation? Building a working hypothesis // Neuroradiol. J. 2007. N 20. P. 676–693.
- Delouis H., Mayaud P.N. Spectral analysis of the geomagnetic activity index  $aa$  over a 103-year interval // J. Geophys. Res. 1975. V. 80, N 34. P. 4681–4688.
- Fraser-Smith A.C. Spectrum of the geomagnetic activity index  $A_p$  // J. Geophys. Res. 1972. V. 77. P. 4209–4220.
- Kotzé P.B. Spectrum analysis of short-period  $K$  index behavior at high- and mid-latitudes // Ann. Geophys. 2015. V. 33. P. 31–37.

- Liboff A.R.* Why are living things sensitive to weak magnetic fields? // *Electromagn. Biol. Med.* 2013. Aug. P. 1–5. DOI 10.3109/15368378.2013.809579.
- Menvielle M., Berthelier A.* The *K*-derived planetary indexes – description and availability // *Rev. of Geoph.* 1991. V. 29. P. 415–432.
- Nowożyński K., Ernst T., Jankowski J.* Adaptive smoothing method for computer derivation of *K* indexes // *Geophys. J. Int.* 1991. V. 104. P. 85–93.
- Ogg A.* Periodicity of geomagnetic activity // *Terrest. Magnet. and Atmosph. Electr.* 1946. V. 51, N 4. P. 543–546.
- Shapiro R., Ward F.W.* Three peaks near 27 days in a high-resolution spectrum of the international magnetic character figure // *J. Geophys. Res.* 1966. V. 71, N 2385.
- Stoupe E.* Effect of geomagnetic activity on cardiovascular parameters // *J. of Clinic. and Basic Cardiol.* 1999. N 2. P. 34–40.

#### Сведения об авторах

**РЯБОВА Светлана Александровна** – аспирант, Институт динамики геосфер РАН. 119334, г. Москва, Ленинский просп., д. 38, корп. 1. Тел.: +7 (495) 939-75-73. E-mail: ryabovasa@mail.ru

**СПИВАК Александр Александрович** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией, Институт динамики геосфер РАН. 119334, г. Москва, Ленинский просп., д. 38, корп. 1. Тел.: +7 (495) 939-75-91. E-mail: spivak@idg.chph.ras.ru

## VARIATIONS IN *K*-INDEX OF GEOMAGNETIC ACTIVITY IN THE MOSCOW REGION

**S.A. Riabova, A.A. Spivak**

Institute of Geosphere Dynamics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Abstract.** The results of statistical analysis of geomagnetic activity in the Moscow region (central part of the Eastern European Platform) at Geophysical observatory «Mikhnevo» of Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences (54.960° N; 37.774° E) and its relation to solar activity are presented. As a characteristic of geomagnetic activity we used the station geomagnetic *K*-index. When calculating the *K*-index by the method of adaptive smoothing, the results of instrumental observations of the geomagnetic field carried out at the Geophysical observatory «Mikhnevo» from 2009 to 2015 are involved. The geophysical situation of the Moscow region is characterized by a considerable number of days with a disturbed state of the geomagnetic field (for the analyzed period, magnetic storms were recorded in 181 cases and a disturbed geomagnetic situation was identified in 333 cases). At the same time, there is a tendency to increase geomagnetic activity with time: from 2009 to 2015, the number of days with disturbed geomagnetic conditions increased almost 8 times. Repeatability of geomagnetic disturbances is characterized by clearly pronounced periodicity with characteristic periods of about 14, 27, 60, 182 and 365 days. The total duration of geomagnetic disturbances, characterized by  $K \geq 4$ , varies significantly with time. The evaluation of the correlation between the total number of geomagnetic disturbances characterized by the value of  $K \geq 3$  and 10.7 cm solar radio flux ( $F_{10.7}$ ) which is a measurement of the intensity of solar radio emissions with a wavelength of 10.7 cm (a frequency of 2800 MHz) indicates a significant correlation between the number of geomagnetic disturbances and solar activity.

**Keywords:** biotope, megalopolis, instrumental observations, magnetic field, *K*-index,  $F_{10.7}$  index.