

ПЕРВЫЕ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ БУРИ 24-ГО ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

© 2013 г. К. Г. Иванов

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН)
г. Москва, г. Троицк

e-mail: kivanov@izmiran.troitsk.ru

Поступила в редакцию 18.12.2012 г.

Рассмотрена динамика частоты появления и интенсивности солнечно-земных бурь в начале 2007–2011 гг. текущего, 24-го, цикла солнечной активности. Бури идентифицировались по скользящему полусуточному среднему планетарному индексу активности, начиная с $A_p^* \geq 30$. Установлено, что в первые три года наблюдались последовательно всего 12, 11 и 2, и только умеренные, бури ($A_p^* = 30–49$), случайным образом распределенные по времени года. После длительного периода полного отсутствия (VIII.2009 г.–III.2010 г.) бури, начиная с бури 1–6 апреля 2010 г., стали появляться сериями, упорядоченными по сезонам IV–VIII (эклиптическим долготам), смешанной или только умеренной интенсивности. Этому предшествовала (март 2010 г.) тенденция к возникновению медленно вращающейся 4-секторной структуры Крупномасштабного Открытого Магнитного Поля Солнца (КОМПС) из 2-секторной. Самая первая буря нового цикла (апрель 2010 г.) была очень мощной и возникла ввиду последовательной дестабилизации комплекса 2-х магнитных волоконных жгутов. Обращает на себя внимание ассоциированный с возникновением нового сектора КОМПС 27-дневный интервал в появлении тепловых нейтронов на Камчатке и извержений вулкана в Исландии и то обстоятельство, что при нахождении Земли именно в этом секторе произошло сильное землетрясение марта 2011 г. в Японии.

DOI: 10.7868/S0016794013030085

1. ВВЕДЕНИЕ

Фаза минимума между 23-м и 24-м циклами характеризовалась экстремально низкими уровнями всевозможных индексов солнечной и геомагнитной активности [Белов и Гайдаш, 2009]. Для выяснения физической сути этого неординарного феномена необходимы более конкретные и детальные исследования динамики различных проявлений солнечно-земных связей в этот период. В частности, целью данной статьи стала динамика частоты появления и интенсивности солнечно-земных бурь в 2007–2011 гг., фактически почти во всей 1-ой половине 24-го цикла. Ниже эта динамика рассматривается с учетом динамики Крупномасштабного Открытого Магнитного Поля Солнца (КОМПС). Внимание привлекают интересные особенности этой динамики, выявляемые в ходе ее рассмотрения, а также несколько неожиданные указания на возможные связи этой динамики с некоторыми проявлениями геосейсмической активности.

В разделах: (2) – исходные данные и методы; (3) – динамика частоты появления и интенсивности солнечно-земных бурь в 2007–2011 гг.; (4) – динамика КОМПС и ее связь с динамикой бурь, в частности, буря 1–6 апреля 2010 г. и ее связь с возникновением 4-секторной структуры КОМПС; (5) – 27-дневная последовательность некоторых выдающихся сейсмических явлений на Дальнем Востоке.

2. ДАННЫЕ И МЕТОДЫ

Как известно, традиционными индикаторами солнечно-земных бурь являются всевозможные индексы геомагнитной активности: Dst , Kp , a_p , AE [Bell et al., 1997; Loewe and Pröls, 1997; и ссылки], используемые в разном формате.

В данной работе используется введенный нами средний полусуточный скользящий индекс $A_p^* = \sum_{i=1}^4 a_{pi}$.

	Quiet	Disturbed	Weak	Minor	Moderate	Severe	Major	Extreme
	Q	D	W	MI	MO	S	MA	E
A_p^*	0–7	8–14	15–19	20–29	30–49	50–74	75–100	>100

в классификации, допускающей учет, в частности, всех, даже небольших, солнечно-земных возмущений.

В этой статье рассмотрена динамика частоты появления и интенсивности бурь с $A_p^* \geq 30$ с января 2007 г. по декабрь 2011 г.

Всего было идентифицировано 46 бурь в соответствии с указанной выше классификацией, из них 34 умеренные (МО), 6 больших (S), две очень больших (МА) и две экстрabuри (E). Исследование этой динамики основано на данных об a_p -индексах геомагнитной активности [ftp://ftp.gfz-potsdam.de/pub/home/obs/ k_p - a_p].

Как показано в разделе 3, в этой динамике проявляются интересные закономерности как в частоте, так и в интенсивности бурь. В этой связи в разделе 4 более подробно исследована одна из самых замечательных бурь этого интервала, буря 1–6 апреля 2010 г. Это потребовало рассмотрения почти всего существенного комплекса соответствующих явлений солнечно-земной физики и их связи со структурой и конфигурацией крупномасштабного открытого магнитного поля Солнца: активных областей, волокон, вспышек и корональных выбросов массы (CME) [ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR DATA], [http://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME-list]. Кроме того, рассмотрена структура, конфигурация и динамика соответствующих межпланетных возмущений около Земли по данным ИСЗ ACE [http://cdaweb.gsfc.nasa.gov]. Динамика КОМПС моделировалась с помощью оригинальной методики сферического гармонического анализа [Харшиладзе, Иванов, 1994] с использованием данных [http://WSO.Stanford.edu/synoptic/WSO].

3. ДИНАМИКА ЧАСТОТЫ И ИНТЕНСИВНОСТИ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ БУРЬ В 2007–2011 гг.

Динамика частоты и интенсивности солнечно-земных бурь за 2007–2009 гг. и 2010–2011 гг. иллюстрируется соответственно в таблицах 1 и 2.

В этой динамике прослеживаются следующие закономерности:

1. Небольшое одинаковое число умеренных бурь (МО) постоянной интенсивности в 2007 и 2008 гг.

2. Почти полное исчезновение бурь, кроме двух класса МО, в 2009 г.

3. После более чем полугодового (IX.2009 г.–III.2010 г.) отсутствия каких-либо бурь, внезапное возникновение очень большой бури (МА) 1–6.04.2010 г. и появление вслед за ней своеобразного кластера из пяти бурь 2010 г., включающего две сильные бури класса S, 2 мая и 4–5 августа 2010 г.

4. И вновь полугодовой перерыв (XI.2010 г.–V.2011 г.), но на этот раз и в появлении сильных

Таблица 1. Солнечно-земные бури 2007–2009 гг.

№№ п/п	Даты	A_p^*	Класс
1	29.01.2007 г.	45	МО
2	13.03	32	МО
3	1.04	32	МО
4	2.04	34	МО
5	28.04	30	МО
6	23–24.05	43	МО
7	11.07	34	МО
8	14–15.07	35	МО
9	6–7.08	40	МО
10	28–29.09	40	МО
11	20.11	35	МО
12	1–2.02.2008 г.	36	МО
13	29.02–1.03	48	МО
14	09.03	42	МО
15	26–27.03	43	МО
16	6. 04	30	МО
17	23.04	30	МО
18	14–15.06	41	МО
19	9–10.08	35	МО
20	04.09	48	МО
21	11.10	44	МО
22	21.07.2009 г.	40	МО
23	31.08	33	МО

бурь, и затем возникновение целой последовательности из 7-ми мощных бурь (четырёх класса S, одной – МА и двух – E).

Одним из наиболее замечательных свойств этой динамики является закономерность (3): внезапное, после долгого перерыва, возникновение мощной бури 1–6 апреля 2010 г. и последующей серии, включающей в том числе и сильные бури.

В разделе 5 эта буря рассматривается подробно. Будет показано, что ее возникновение стало следствием образования из 2-секторной структуры своеобразной медленно, по сравнению с Солнцем, вращающейся 4-секторной структуры КОМПС. Некоторые последующие свойства и эффекты этой структуры рассматриваются в работе Иванова и Харшиладзе [2012].

4. ВОЗНИКНОВЕНИЕ 4-СЕКТОРНОЙ СТРУКТУРЫ КОМПС И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ БУРЯ 1–6 АПРЕЛЯ 2010 г.

С начала января 2009 г. в крупномасштабном магнитном поле Солнца начинает формировать-

Таблица 2. Солнечно-земные бури 2010–2011 гг.

№№ п/п	Даты	Ap^*	Класс
24	05.04.2010 г.	88	МА
25	11.04	35	МО
26	02.05	63	S
27	29.05	35	МО
28	4–5.08	69	S
29	24.10	31	МО
30	4–5.02.2011 г.	48	МО
31	2.03	41	МО
32	11.03	46	МО
33	6.04	40	МО
34	12.04	36	МО
35	30.04	33	МО
36	28.05	70	S
37	4–5.06	53	S
38	05–06.08	108	E
39	9–10.09	64	S
40	17.09	50	S
41	26–27.09	78	МА
42	27–28.09	35	МО
43	29.09	35	МО
44	24–25.10	102	E

Таблица 3. Магнитные потоки КОМПС в 10^{21} мкс и их соотношения на секторных границах

	CR 2094	CR 2095
OR1 ⁻	-18.0	-16.1
OR1 ⁺	8.0	4.7
OR1 ⁻ /OR1 ⁺	2.25	3.4
Активная граница		
OR2 ⁻ + OR3 ⁻	-1.9	-3.55
OR2 ⁺ + OR3 ⁺	13.7	12.20
$\frac{ OR2- + OR3- }{ OR2+ + OR3+ }$	0.15	0.28
Активная граница		

ся, из преимущественно приэкваториального токового слоя, 2-секторная структура КОМПС. К ноябрю 2009 г. (CR 2090) эта двухсекторная структура уже довольно четко выражена, и далее, в апреле 2010 г. (CR 2095) преобразуется в 4-секторную структуру (рис. 1).

Как показано выше (разделе 3), в 2007–2009 гг. не наблюдалось ни одной сколь-либо интенсивной солнечно-земной бури, кроме небольшого

числа умеренных (МО) с баллами $Ap^* \leq 49$, а в интервале IX.2009–III.2010 гг. отсутствовали даже бури класса МО (таблицы 1 и 2).

Однако во время возникновения 4-секторной структуры внезапно появляется очень мощная солнечно-земная буря класса МА 1–6 апреля 2010 г., положившая начало небольшой серии солнечно-земных бурь апреля–октября 2010 г., включавшей еще две мощные бури класса S.

Ниже последовательно рассматриваются: 4.1. Возникновение 4-секторной структуры с квазитвердотельно вращающейся и двумя активными секторными границами. 4.2. Генерация и дестабилизация явлений солнечной активности на и вблизи секторных границ в апреле 2010 г. (4.3) Солнечные источники, структура, конфигурация и динамика межпланетного МГД-возмущения вблизи Земли 5–6 апреля 2010 г.

4.1. Возникновение 4-секторной структуры с квазитвердотельно вращающейся и двумя активными секторными границами

На рисунке 1 даны карты фотосферных источников КОМПС (черным), совмещенные с секторными границами (кривые) на поверхности источника ($2.5R_s$ от центра Солнца), центрированные на 12.03 и 9.04.2010 г. (CR 2094 и 2095 соответственно).

В таблице 3 указаны магнитные потоки Φ в структурных образованиях КОМПС, обозначенные OR1⁻, OR2⁻ и т.д. на картах рис. 1 (Знаки минус и плюс обозначают направление КОМПС к Солнцу или от Солнца соответственно).

Динамика КОМПС между оборотами CR 2094 и 2095 (рис. 1, табл. 3) позволяет сделать следующие выводы:

1. Имел место общий дрейф КОМПС в восточном направлении (замедление вращения источников КОМПС по сравнению с регулярным дифференциальным и с возникновением квазитвердотельно вращающейся границы между OR1⁻ и OR2⁺).
2. Начала формироваться 4-секторная структура КОМПС.
3. Относительно возросли потоки Φ между OR1⁻ и OR1⁺ и OR2⁻ и (OR2⁺ + OR3⁺) соответственно с 2.25 до 3.4 и с 0.15 до 0.28 – эти границы стали активными, т.е. вблизи них стала возможной генерация значительных явлений солнечной активности [Иванов и Харшиладзе, 2008] из-за возникновения межсекторного дисбаланса магнитных потоков КОМПС.

4.2. Генерация и дестабилизация явлений солнечной активности на и вблизи секторных границ в апреле 2010 г.

Итак, на обороте CR 2095 четко проявился дрейф КОМПС в восточном направлении с воз-

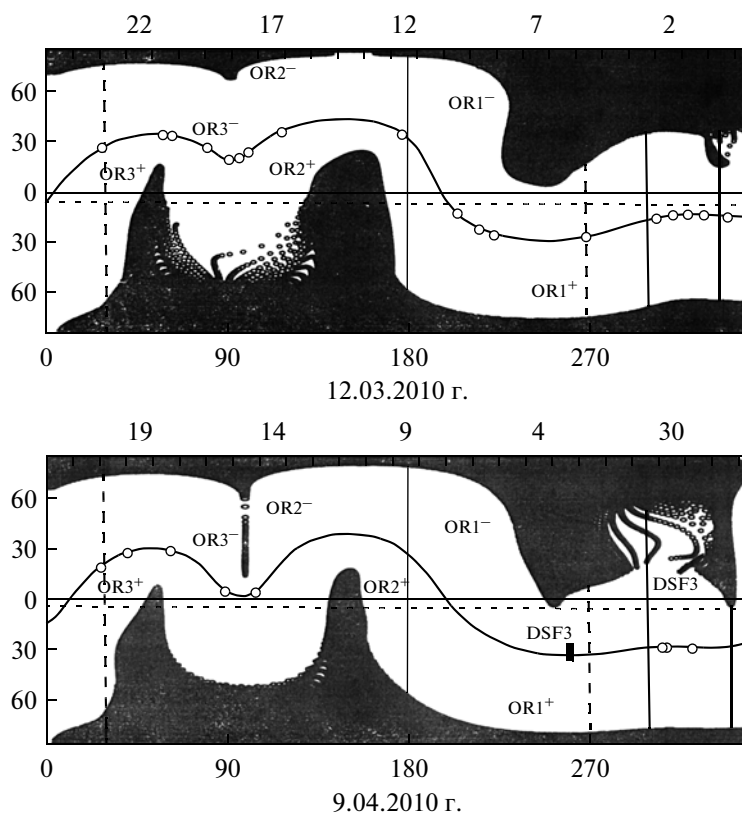


Рис. 1. Секторные границы на поверхности источника $2.5R_S$ от центра Солнца (кривые) и фотосферные источники крупномасштабного открытого магнитного поля Солнца (черные области, обозначенные $OR1^-$, $OR2^-$, $OR1^+$, $OR2^+$, $OR3^+$). Границы зоны активных долгот и ее окрестностей обозначены соответственно сплошными и прерывистыми вертикальными линиями. Отрезки прямых – активные волокна DSF3, ответственные за солнечно-земную бурю 1–6 апреля 2010 г. *a* – CR оборот № 2094; *б* – 2095.

никовением 4-секторной структуры КОМПС (из 2-секторной), квазитвердотельно вращающейся (между $OR1^-$ и $OR2^+$) и двух активных границ ($OR1^-/OR1^+$ и $OR2^- + OR3^-$ и $OR2^+ + OR3^+$).

Этот дрейф сопровождался: 1) вытеснением КОМПС из зоны активных долгот (рис. 1); 2) возникновением своеобразного комплекса активности, состоящего из двух мощных активных волокон балла DSF3 (рис. 1); 3) последовательной дестабилизации этих волокон с возникновением мощной солнечно-земной бури 1–6 апреля 2010 г. класса MA (табл. 2); 4) блокировкой дифференциального вращения КОМПС на квазитвердотельно вращающейся границе $OR1^-/OR2^+$ с возникновением вблизи ее небольшой АО 11055 и появлении на лимбе в некотором отдалении от нее эруптивного протуберанца типа EPL1; 5) началом формирования нового сектора на активной границе $OR2^-/OR2^+ + OR3^+$, сопровождавшегося появлением тесной временной последовательности нескольких быстрых СМЕ.

В следующем разделе подробнее рассматривается солнечно-земная буря 1–6 апреля 2010 г.

4.3. Солнечные источники, структура, конфигурация и динамика МГД-возмущения вблизи Земли 5–6 апреля 2010 г.

Непосредственно перед возникновением солнечно-земной бури 1–6 апреля, начиная с 28 марта, на Солнце отсутствовали какие-либо проявления возможных геоэффективных явлений, кроме комплекса активности, состоящего из двух мощных, балла DSF3, активных солнечных волокон.

Эти волокна располагались (рис. 1) в зоне активных долгот и вблизи восточной границы этой зоны и последовательно по времени дестабилизировались соответственно 01.04. 00:30–13:55 UT (N26W31; N32W40) и 03.04.00:24–14:56 UT (S25E00; S31W02).

Обе дестабилизации сопровождалась появлением относительно медленных СМЕ (560 км/с – в первой и 670 км/с – во второй), но во втором случае это было СМЕ типа Гало, появившееся 3.04. в 10:33:58 UT.

Можно предположить, что в межпланетной среде возникло сложное возмущение в результате взаимодействия этих двух волоконных выбросов, которое стало ответственным за межпланетное возмущение, наблюдавшееся вблизи Земли

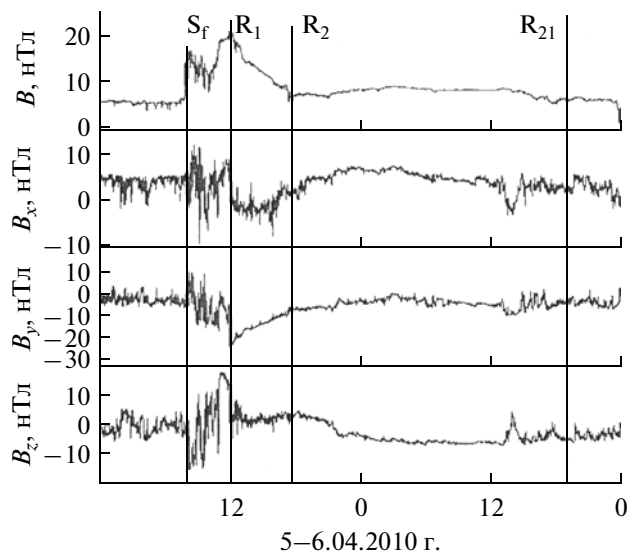


Рис. 2. Вариации 16-секундных средних значений модуля B и солнечно-эклиптических компонент B_x , B_y , B_z индукции межпланетного магнитного поля на ИСЗ ACE (ведущий экспериментатор N. Ness). S_f – головной ударный фронт, R_1 – фронт магнитного жгута, R_2 – фронт “гелиевой области” волоконного выброса.

5–6 апреля 2010 г. (рис. 2, 3). Это предположение подтверждается анализом структуры, конфигурации и динамики МГД-возмущения по измерениям магнитного поля и плазмы на ИСЗ ACE, находившемся около передней точки либрации (рисунки 2 и 3), а также временем пробега τ головной ударной волны между Солнцем и Землей.

На рисунках 2 и 3 даны вариации соответственно параметров ММП и плазмы (средние 16-секундные вариации модуля B и солнечно-эклиптических компонент B_x , B_y , B_z магнитной индукции по эксперименту N. Ness’а; 64-секундные вариации модуля и компонент скорости плазмы V , V_x , V_y , V_z , концентрации протонов солнечного ветра n_p и их температуры T_p , отношение n_α/n_p , по эксперименту D.J. McComas’а).

Показана последовательность типичных структурных областей возмущения: головного ударного слоя $S_f R_1$, магнитного облака $R_1 R_2$, “гелиевой” области волоконного жгута $R_2 R_2^1$ – плазмы, обогащенной ядрами гелия (по аналогии с работами [Krall et al., 2001; Иванов и др., 2006]).

Нормали к головному ударному фронту S_f и магнитопаузе магнитного облака R_1 , рассчитанные соответственно по теореме о компланарности при $B_1(5.7; 0; -3.5)nT$, $B_2(6.3; 0; -9)nT$ и по соотношению $B_1 \times B_2$ при $B_1(8; 0; 17)nT$, $B_2(0; -18; 3)nT$, оказались ориентированными по направлениям $\varphi_N = 180^\circ$, $V'_N = -7^\circ$ и $\varphi'_N = 184^\circ$, $V''_N = 25^\circ$.

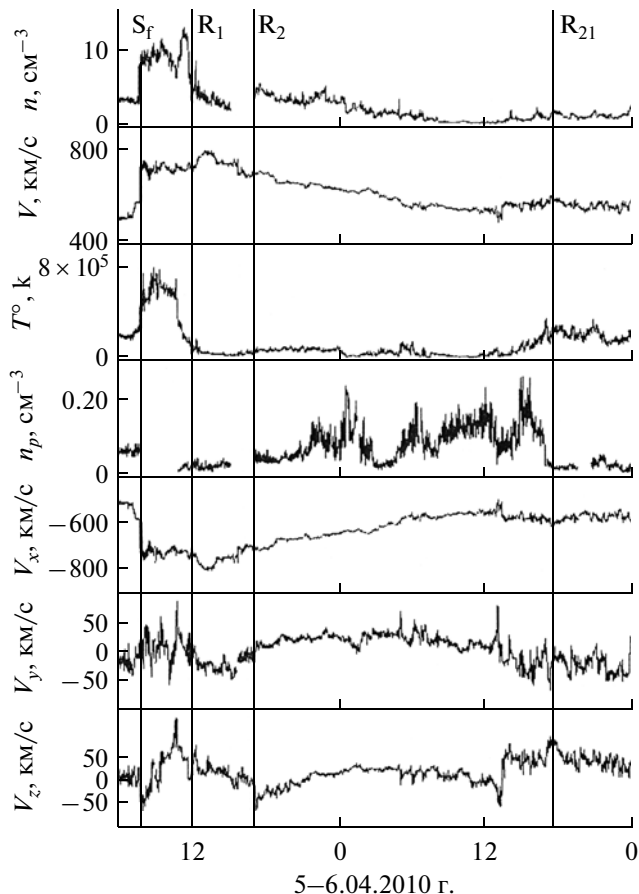


Рис. 3. Вариации 64-секундных средних значений параметров межпланетной плазмы по измерениям на ИСЗ ACE (ведущий экспериментатор D.J. McComas): n – концентрации протонов; V , V_x , V_y , V_z – скорости; T – температуры; n_α/n_p – относительной концентрации α -частиц. Обозначения фронтов – как на рис. 2.

Скорости ударного фронта $D = \frac{(V_2 n_2 - V_1 n_1) N}{n_2 - n_1} = 860$ км/с и магнитопаузы магнитного облака $V_{R1} = 800$ км/с оказались заметно большими указанных выше скоростей обоих СМЕ. Это подтверждает то, что околосное возмущение действительно возникло из-за взаимодействия этих СМЕ ввиду нагонного эффекта на пути распространения от Солнца к Земле. Конфигурация ударной волны (отклонение нормали к югу) также подтверждает предположение о взаимодействии этих двух волоконных выбросов.

Следует подчеркнуть, что волоконный комплекс, ответственный за бурю 1–6 апреля 2010 г., представляется таким же выдающимся во всем ряду активных волокон 2008–2009 гг., начала 2010 г. (табл. 4), как и сама солнечно-земная буря (таблицы 1, 2). Действительно, если это была самая первая мощная буря 24-го цикла, то и вызвавший ее комплекс активности впервые за этот период

сформировался из 2-х мощных активных волокон. Эта буря и этот комплекс положили начало резкому возрастанию числа активных волокон в 2010 г. (табл. 4) и появлению серии солнечно-земных бурь, в том числе и весьма интенсивных.

Наконец, еще раз подчеркнем, что эта активизация тесно связана с возникновением медленно вращающейся 4-секторной структуры КОМПС, ответственной за последующие аномальные явления лета 2010 г. [Иванов и Харшиладзе, 2012].

5. 27-ДНЕВНЫЙ ИНТЕРВАЛ ПОЯВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ НА КАМЧАТКЕ В МАРТЕ–АПРЕЛЕ 2010 г.

В этом разделе мы хотели бы обратить внимание на временное совпадение, возможно не случайное, возникновения 4-секторной структуры и усиления солнечной активности с одной стороны, и появление выбросов тепловых нейтронов на Камчатке в марте–апреле 2010 г. [Шестоपालов и др., 2013] – с другой.

Привлекает внимание как указанное временное совпадение, так и почти точный 27-дневный интервал между началами двух наиболее мощных выбросов тепловых нейтронов (рис. 4).

Замечательно также, что эти выбросы наблюдались соответственно 16–21 марта и 13–16 апреля на каррингтоновских долготах (CR 2094 и 2095) 60–120° к востоку от центрального меридиана становления нового сектора при возникновении 4-секторной структуры (рис. 1).

На наш взгляд, вопрос о том, связаны ли реально явления этих выбросов с солнечной активностью и, в частности, со становлением 4-секторной структуры КОМПС, заслуживает отдельного более тщательного рассмотрения. Это интересно еще и потому, что выброс тепловых нейтронов увязывается в работе [Шестоपालов и др., 2013] с подготовкой сильных землетрясений и вулкани-

Таблица 4. Активные волокна 2008–2010 гг.

№№ п/п	Даты	Тип	Координаты
1	05.02.2008 г.	EPL2	S36 W90
2	11.02	DSF3	N56 E02; N57 E10
3	04.03	DSF3	S30 W10; S15 W31
4	27.03	DSF3	N25 W10; N25 W19
5	31.03	DSF3	S45 W17; S46 W25
6	24.04	DSF	S10 W18; S12 W09
7	21.05	DSF3	S30 E13; S21 E06
8	22.05	DSF2	S19 E08; S29 E05
9	30.06	DSF2	N53 W35; N53 W41
1	26.02.2009 г.	DSF	S43 W38; S44 W44
2	27.02	DSF	S38 W46; S48 W48
3	04.03	DSF	S38 E17; S42 E22
4	30.07	DSF3	N20 W23; N20 W19
5	10.08	DSF2	N20 W28; N15 W31
6	08.09	DSF2	S46 W48; S39 W37
1	11.02.2010 г.	ADF1	
2	24.02	DSF2	S56 E66; S53 E41
3	06.03	DSF2	N17 E23;
4	13.03	EPL3	N71 W29
5	14.03	DSF2	N25 W16; N20 W21
6	01.04	DSF3	N26 W31; N32 W40
7	03.04	DSF3	S25 E00; S31 W02
...
57	29.12	DSF3	N36 W50; N37 W39

ческой деятельностью. Следует также заметить, что при нахождении Земли именно в этом секторе произошло в марте 2011 г. сильное землетрясение в Японии.

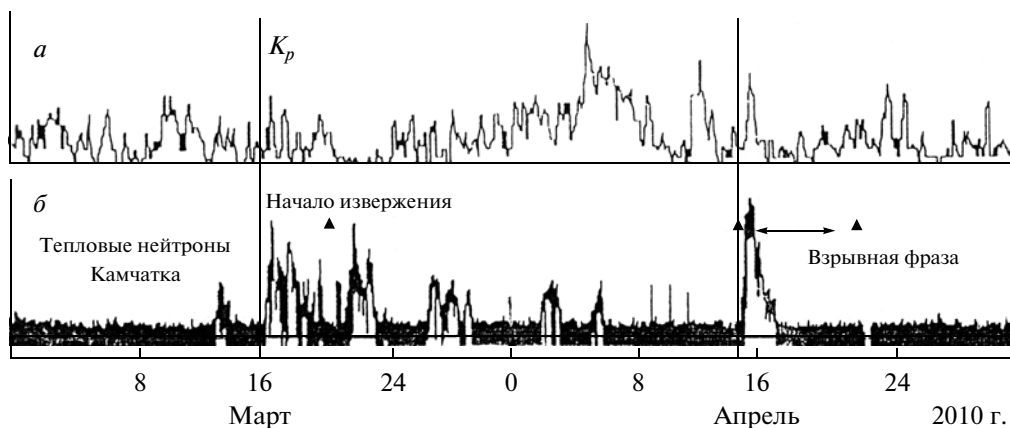


Рис. 4. Вариации тепловых нейтронов на Камчатке, ассоциированные с извержением вулкана в Исландии (по Шестоपालову и др., [2013]).

6. ОБСУЖДЕНИЕ.

Как известно, минимум текущего 24-го цикла характеризуется аномально низкими индексами солнечной и геомагнитной активности [Белов и Гайдаш, 2009]. В этой связи нами проведена работа по выяснению закономерностей динамики частоты появления и интенсивности солнечно-земных бурь начала этого цикла 2007–2011 гг. (раздел 3) и увязки (раздел 4) этих закономерностей с динамикой КОМПС. Буря 1–6 апреля 2010 г., занимающая особое место в этой динамике, рассмотрена более подробно (подраздел 4.3).

Установлено, что в первые три года 24-го цикла, когда в КОМПС преобладал приэкваториальный токовый слой, в начале (2007–2008 гг.) наблюдались ежегодно лишь около десятка и только умеренных, случайно расположенных по времени солнечно-земных бурь, а в 2009 г. бури практически отсутствовали (таблицы 1–2).

Этот результат вполне согласуется с классическим выводом динамо-теории непрерывных полей [Вабсокс, 1961] о необходимости трехлетнего интервала для достижения приемлимой величины генерации дифференциальным вращением сильного магнитного поля, способного порождать биполярные группы солнечных пятен, при этом бури 2007–2009 гг. порождаются полями от предыдущего цикла.

Отсюда следует вывод, что первой солнечно-земной бурей нового цикла, возникшей после 3-летнего интервала, была именно буря 1–6 апреля 2010 г.

Однако подчеркнем, что появлению этой бури и следующего за ней своеобразного “кластера” бурь апреля–июля 2010 г., в том числе и довольно мощных, предшествовало возникновение 4-секторной структуры КОМПС из-за явления блокировки КОМПС в зоне активных долгот.

Замечателен также параллелизм между динамиками не только КОМПС и солнечно-земных бурь, но и динамикой активных волокон (табл. 4), как непосредственных солнечных источников бурь, и, в частности, бури 1–6 апреля 2010 г. (подраздел 4.2).

Обращает на себя внимание также то обстоятельство, что интервал полного отсутствия бурь в сентябре–марте 2010 г. сезонно совпал с уменьшением их мощности в сентябре 2010–апреле 2011 г. (табл. 2), что указывает на возможную зависимость от эклиптической долготы в положении Земли на ее орбите.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследована динамика КОМПС и частоты появления солнечно-земных бурь, идентифицируемых по скользящему полусуточному среднему

индексу планетарной геомагнитной активности $A_p^* = \Sigma ap$ по данным начала текущего, 24-го цикла солнечной активности – 2007–2010 гг.

Показано, что бури нового цикла появились лишь с апреля 2010 г. в связи с возникновением 4-секторной структуры КОМПС.

Благодарю сотрудников WSO за данные о магнитном поле Солнца, Центра данных NOAA и Potsdam'a за данные о солнечной и геомагнитной активности соответственно, N.F. Ness'a, D.J. McComas'a и группу CDAWeb за данные об ММП и солнечном ветре, С.П. Гайдаша – за интерес к работе, А.И. Завойкину – за помощь в подготовке статьи.

Работа частично поддержана Программой Фундаментальных Исследований Президиума РАН VI.15 “Плазменные процессы в солнечной системе”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белов А.В., Гайдаш С.П. Аномально низкая солнечная и геомагнитная активность в 2007 г. // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 49. № 5. С. 566–573. 2009.
- Иванов К.Г., Ромашец Е.П., Харшиладзе А.Ф. Солнечно-земная буря 18–20 ноября 2003 г. 1. Возмущения в солнечном ветре вблизи Земли // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 46. № 3. С. 291–309. 2006.
- Иванов К.Г., Харшиладзе А.Ф. Межсекторный дисбаланс потоков крупномасштабного открытого магнитного поля Солнца, активные и пассивные границы и солнечно-земные экстрabuри // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 48. № 5. С. 605–622. 2008.
- Иванов К.Г., Харшиладзе А.Ф. Динамика солнечной активности и аномальной погоды лета 2010 г. Связь с зоной активных долгот. Эффекты на западе и востоке Европы // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 52. № 1. С. 3–17. 2012.
- Харшиладзе А.Ф., Иванов К.Г. Сферический гармонический анализ магнитного поля Солнца // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 34. № 4. С. 22–28. 1994.
- Шестопалов И.П., Белов С.В., Соловьев А.А., Кузьмин Ю.Д. О генерации нейтронов и геомагнитных возмущений в связи с Чилийским землетрясением 27 февраля и вулканическими извержениями в марте–апреле 2010 г. // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 53. № 1. С. 130–143. 2013.
- Babcock H.W. The topology of the Sun's magnetic field and the 22-year cycle // Astrophys. J. V. 133. № 2. P. 572–586. 1961.
- Bell J.T., Gussenhoven M.S., Mullen E.G. Super storms // J. Geophys. Res. V. 102. № A7. P. 14189–14198. 1997.
- Krall J., Chen J., Duffin R.T., Howard R.A., Thompson B.J. Erupting solar magnetic flux ropes: Theory and observations // Astrophys. J. V. 562. № 2. P. 1045–1057. 2001.
- Loewe C.A., Prölss G.W. Classification and mean behavior of magnetic storms // J. Geophys. Res. V. 102. № A7. P. 14209–14213. 1997.