УДК 551.557.550.424

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАЦИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА, НАБЛЮДАЕМЫЕ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВСПЫШЕК НА СОЛНЦЕ

Е.С. Высочина, Я.О. Ерёмин, В.А. Величко, С.Н. Басан

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» в г. Туапсе Краснодарского края, РФ, г. Туапсе, ул. Морская, д. 7
E-mail: vysochina.e.s@yandex.ru, doncerbugaga@mail.ru,velichko.46@bk.ru, sbasan@mail.ru

По данным статистической обработки метеорологических исследований обнаружены особенности вариаций температуры воздуха, которые наблюдаются после воздействия вспышек на Солнце. Быстрые частицы приводят к возмущению магнитного поля Земли и оказывают влияние на различные параметры воздуха, в том числе и на его температуру.
Ключевые слова: геомагнитная буря, вспышки на Солнце, температура воздуха, магнитное поле.

Введение. Динамика низкоширотной термосферно-ионосферной системы в период геомагнитных бурь является одним из актуальных направлений исследований как космической, так и метеорологической погоды. Влияние геомагнитных бурь на различные сферы жизнедеятельности человека, такие как техногенные системы, электроника, медицинские показатели приводит к негативным последствиям, поэтому предсказание этого явления имеет важное значение с практической точки зрения.

Исследованию солнечной активности и связанных с ней геомагнитных бурь в атмосферном электричестве высоких и средних широт посвящено довольно много научных работ [1]. При современном состоянии техники рассматриваемое явление более ярко наблюдается на ночной стороне Земли, т.к. приращение температуры воздуха на дневной стороне совпадает с суточным ходом.

Постановка задачи: по данным статистической обработки метеорологических наблюдений подтвердить обнаруженные особенности вариаций температуры воздуха, наблюдаемые вследствие воздействия вспышек на Солнце.

Результаты наблюдений. Земля обладает магнитным полем, которое захватывает заряженные частицы, движущиеся в межпланетном магнитном поле. В периоды повышения солнечной активности, количество заряженных частиц, попадающих в магнитное поле Земли, возрастает, это приводит к возмущению магнитосферы и, как следствие, к геомагнитным бурям.

К основным видам солнечной активности, приводящим к формированию бурь, относятся вспышки на Солнце и выбросы корональной массы. На рис. 1 изображена временная шкала солнечных эффектов. Из рис. 1 видно упорядоченную последовательность нескольких явлений, происходящих после вспышечной активности [2]. Оптическая вспышка на Солнце сопровождается коротковолновым рентгеновским излучением (X-ray).

Одновременно с этим происходит излучение в радиодиапазоне (Radio). Потоки жесткого рентгеновского излучения и солнечных космических лучей, рождающихся при вспышках, оказывают дискретные электромагнитные воздействия длительностью несколько десятков минут на физические процессы как в околоземном пространстве, так и в верхней атмосфере Земли. По-видимому, быстрые частицы вызывают интенсивные локальные (микромасштабные) токовые системы в ионосфере и в земной атмосфере, достигая приземного слоя среднеширотной тропосферы приводят к возмущению магнитного поля нашей планеты, влияют на циркуляцию воздуха в атмосфере, а также на существенные кратковременные изменения такого параметра воздуха, как температура.

Графическое изображение, наглядно показывающее соотношение последствий солнечных эффектов от времени системы Солнце – Земля. В качестве примера, иллюстрирующего особенности вариации температуры воздуха, рассматривается событие 15 марта 2015 г.

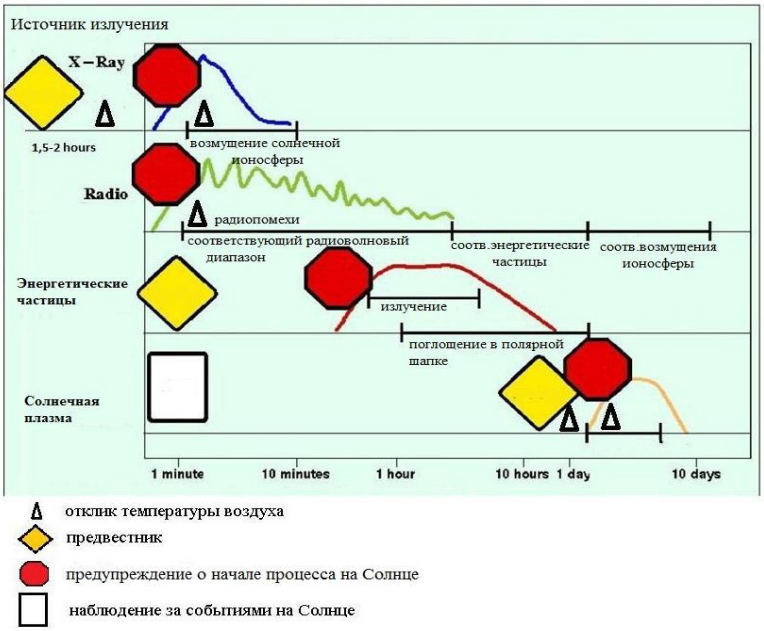

Рис. 1. Временная шкала солнечных эффектов

Вспышка на Солнце 15 марта 2015 г. приблизительно в 04.00 UT сопровождалась жёстким рентгеновским излучением.

Спутником ACE в солнечном ветре был зарегистрирован четкий скачок скорости солнечного ветра и начало высокоамплитудных вариаций межпланетного магнитного поля.

Это типичная реакция параметров межпланетной ударной волны, возникающая при взаимодействии фронта коронального выброса Солнечной плазмы с магнитосферой Земли.

Этот геомагнитный эффект классифицируется или как внезапный импульс – общепринятый термин (sudden impulse, SI) или как внезапное начало следующей позже магнитной бури (Storm Sudden Commencement, SSC, SC).

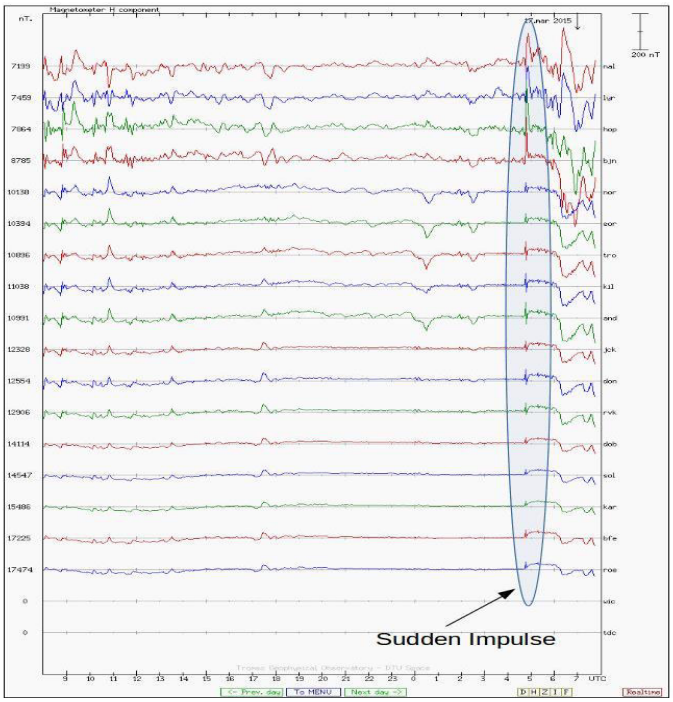

Рис. 2. Данные H-компоненты геомагнитного поля за 15 марта 2015 г. (~ 04:45 UT)

На рис. 2 приведены данные H-компоненты геомагнитного поля сети Скандинавских станций, иллюстрирующих начало возмущённого периода, наблюдавшийся после внезапного импульса (выделен «Внезапный импульс» (Sudden Impulse) зарегистрированный приблизительно в 04 ч 45 мин UT) [3].

Импульс представляет собой резкий рост H-компоненты геомагнитного поля с последующими кратковременными колебаниями меньшей амплитуды, возникающий в результате деформации магнитосферы вдоль магнитопаузы под действием фронта межпланетной ударной волны плазмы коронального выброса Солнца.

В зависимости от пространственного расположения магнитографов на земной поверхности (широты и долготы) вначале импульс будет или положительным или отрицательным.

На рис. 3 представлена графическая интерпретация значений Dst индекса за период с 01.03.2015 по 31.03.2015. Можно заметить, что 17.03.2015 значение Dst индекса резко понижается, что характеризует начало главной фазы геомагнитной бури.

Анализ временных вариаций 15 минутных значений температуры воздуха сети станций западного сектора США показал реакцию в виде нетипичного изменения температуры воздуха после начала главной фазы геомагнитной бури [1]. Время начала главной фазы геомагнитной бури соответствует ~ 00 (01) местного времени (LT) в интервале долгот $\lambda \sim 115° \pm 5°$ W (к западу от Гринвича) на станциях расположенных на различных широтах ($\varphi \sim 39° – 48°$).

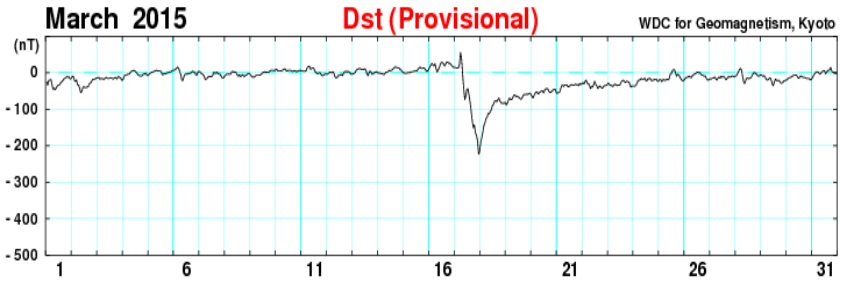

Рис. 3. Данные Dst вариаций за март 2015 г.

В качестве примера представлена одна из трёх таблиц со значениями температуры воздуха за 16-17 марта 2015 г. в интервале долгот $\lambda \sim 113° – 115°$ (рис. 4). Были составлены ещё две таблицы соседних долготных секторов $\lambda \sim 110° – 112°$ и $\lambda \sim 120° – 122°$. Во всех таблицах станции наблюдений располагаются по мере уменьшения широты с севера на юг.

	23:00	23:15	23:30	23:45	0:00	0:15	0:30	0:45	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30	3:45	4:00
WGLM, MT	34,3	34,7	34,2	34,6	34,5	34,5	35	34,3	34,1	34,4	34,4	34,2	34	33,9	33,8	34	33,8	33,8	33,7	33,8	33,8
HGWM, MT	31,7	31,6	31,8	31,7	31,4	31,5	31,4	31,4	31,2	31,2	31,2	31,1	31,1	31,1	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,1
SUMM, MT	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,5	25,4	25,4	25,4	25,3	25,4	25,5	25,6	25,7	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8	25,9	26,1
SWLM, MT	39,7	39,5	39,3	37,4	36,5	36	35,2	34,7	34	34	33,8	33,5	33	33	33	32,8	32,5	32,4	32,3	32,4	32,5
SELM, MT	35	35,1	35,3	34,9	34,7	34,6	34,6	34,4	34,6	34,5	34,7	34,6	34,6	34,6	34,7	34,6	34,6	34,6	34,5	34,5	34,5
GRSI, ID	43,1	42,7	42,7	41,2	41	41,8	41,2	41,1	40,5	39,9	39,5	39,2	38,4	38,8	37,3	37,5	37,8	37,3	37,7	37,6	38,1
CRMI, ID	45,7	45,3	45,7	45,3	45	45,5	45,8	43,9	44,1	44,1	43,9	44,3	44,4	43,5	43,1	42,8	44,1	45,6	45,9	45,6	45,8
PICI, ID	46,8	47	47,2	47,7	47,2	47,5	46,9	44	43,4	43,9	42	42,4	43,5	44,9	44	43,6	43,8	43,8	44,6	45,4	46,7
MIN, ID	51,4	51	50,4	49,7	49,4	49,3	49,3	49,3	49,2	48,9	48,9	48,9	48,9	48,5	48,4	48,8	49,9	50,3	49,9	49,1	48,5
RPTI, ID	52,7	51,5	50,7	51	49	48,3	49,2	48,6	48	47,6	48,3	48,5	49	48,4	48,1	48,8	47,8	47,6	47,4	47,8	48,8
TWFI, ID	50,7	50,2	50	50,8	51,3	51,2	50,5	49,6	48,4	48,2	47,6	47,2	46,7	46,1	46,2	45,6	46	44,9	45,6	44,2	43,9
MALI, ID	52,7	49,8	51	50,7	50,8	50,5	49,6	48,9	47,7	47,4	46,7	45,1	44,3	43,7	43,7	43	43,6	41,8	40,2	39,8	39,7
MOCN, NV	41,2	40,5	40,2	40,7	40,8	41	40,8	40,9	40,6	40,2	40,1	39,7	38,9	38,9	38,2	37,8	37,5	37,9	37,8	37,6	37,5
EURN, NV	49,6	46,3	45,8	44	46	45,7	47,4	48,3	46,5	48,2	49,5	48,2	48,1	48	47,6	47,8	47,6	45,8	44,7	44,5	45,3

Рис. 4. Данные температуры воздуха 16-17 марта 2015 г. $\lambda \sim 113° – 115°$

Из рис. 4 видно, что с 00:00 на ряде станций фиксируется рост значений температуры воздуха в диапазоне от нескольких долей градусов (по шкале Фаренгейта) до нескольких градусов. Из 12 станций 8 наблюдали рост температуры, что свидетельствует о локальности областей с температурным градиентом. Аналогичный анализ был проведён для нескольких магнитных бурь. Факт повышения температуры подтвердился [4]. Проведенный дополнительный анализ событий вспышек на Солнце в жёстком рентгеновском излучении (X-Ray), происходивших по мировому времени (UT), соответствующему полуночному местному времени станций наблюдений, показал, что на фоне большинства станций, регистрирующих типичные вариации суточного хода температуры воздуха от вечерних к полуночным часам – монотонное понижение – несколько станций (5 – 10) фиксируют резкие колебания значений температуры от ~5º до ~15º по шкале Фаренгейта за 1,5–2 ч до регистрации роста температуры воздуха после начала Солнечной вспышки [5].

Заключение. В результате проведенного исследования была подтверждена выдвинутая гипотеза. Обнаруженные особенности вариаций температуры воздуха являются проявлением начала нескольких известных последствий электромагнитных воздействий как система Солнце – Земля, так и магнитосферно-ионосферных возмущений.

Большинство станций наблюдений заметно реагируют на появление солнечной вспышки типа HALO. Время роста температуры совпадает со временем определения начала вспышки в пределах 15 мин. Также обнаружена характерная особенность колебаний температуры за 1,5–2 ч до начала вспышки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Высочина Е.С.*, *Величко В.А., Басан С.Н.* Рост температуры приземного слоя воздуха как отклик на начало геомагнитной бури // Инженерный вестник Дона: электронный научный журнал. 2015. № 4. URL: http://www.ivdon.ru /ru/magazine/archive/ n4p2y2015/3477 (дата обращения: 08.11.2016).
2. *Geomagnetic* Storms and Substorms F. Toffoletto URL: http://vsp-vintage.ucar.edu/Heliophysics/pdf/ ToffolettoF2_GeomagneticStormsSubstorms_07 .pdf (дата обращения: 28.10.2016).
3. *Magnar G.* Johnsen Storm Sudden Commencement URL: http://site.uit.no/ spaceweather/2015/03/17/storm-sudden-commencement (дата обращения: 05.11.2016).
4. *Температурный* градиент в приземном слое среднеширотной тропосферы – индикатор солнечных вспышек / Е.С. Высочина, В.А. Величко, С.Н. Басан [и др.] // Системы контроля окружающей среды – 2016: тезисы докладов Междунар. науч.-техн. конфер. Севастополь, 24 – 27 октября 2016 г. Севастополь: ИПТС, 2016. С. 83.
5. *Возможность* краткосрочного прогноза солнечных вспышек по региональному метеорологическому мониторингу / Е.С. Высочина, Л.А. Гончаров, В.А. Величко [и др.] // Системы контроля окружающей среды – 2016: тезисы докладов Междунар. науч.-техн. конфер. Севастополь, 24 – 27 октября 2016 г. Севастополь: ИПТС, 2016. С. 84.

FEATURES VARIATIONS IN THE AIR TEMPERATURE OBSERVED AFTER EXPOSURE TO SOLAR FLARES

E.S. Vysochina, Ya.O. Yeremin, V.A. Velichko, S.N. Basan

Branch of Federal state budget educational institution higher education "Russian state hydrometeorological University" in Tuapse Krasnodar Krai, Russia, Tuapse, Morskaya St., 7

According to the statistical processing of meteorological studies of the peculiarities of variations in air temperature, which are observed after exposure to solar flares. Fast particles lead to the disturbance of the Earth's magnetic field and the influence of different parameters of air, including its temperature.

Keywords: geomagnetic storm, a solar flare, air temperature, magnetic field.